

FACHHOCHSCHULE KÖLN

FORSCHUNGSBERICHT 2008

FACHHOCHSCHULE KÖLN

FORSCHUNGSBERICHT 2008





INHALT



VORWORT

Sehr geehrte Leserinnen, sehr geehrte Leser,

der so genannte „Bologna-Prozess" hat durch die flächendeckende Einführung von Bachelor- und Masterstudiengängen zu wesentlichen Veränderungen im deutschen Hochschulwesen geführt. Begleitet wird dies durch die seit dem Inkrafttreten des Hochschulfreiheitsgesetzes des Landes Nordrhein-Westfalen vorhandene, weitgehende Hochschulautonomie, welche den Hochschulen des Landes erhebliche und neue Gestaltungsspielräume bietet. Dies gilt sowohl für das Studienangebot als auch für die Forschungsaktivitäten. Für die Fachhochschule Köln sind Forschung und Wissenstransfer nicht nur eine gesetzliche Verpflichtung, sondern integrale Bestandteile des Selbstverständnisses der Hochschule.

Zum Wintersemester 2008/2009 gibt es an der Fachhochschule Köln 34 Bachelor-Studiengänge und 25 Master-Studiengänge. In allen Studiengängen werden die Studierenden bereits während des Studiums in laufende Forschungsprojekte integriert. Dies gilt insbesondere in den Master-Studiengängen, welche in der Regel einen höheren Anteil an Projektarbeiten enthalten. Des Weiteren nutzt die Fachhochschule Köln die gewonnenen Möglichkeiten zum strategischen Aufbau eines akademischen Mittelbaus, der ebenfalls in die Forschungsaktivitäten integriert ist. Das wissenschaftliche Umfeld wird gestärkt durch ein seit Anfang 2007 alle zwei Wochen mit großer Beteiligung stattfindendes Doktorandenkolleg. Neben den Professorinnen und Professoren stehen an der Hochschule somit umfassende Ressourcen zur Durchführung von Forschungsprojekten und ein gesichertes wissenschaftliches Umfeld zur Verfügung.



Besonderes Kennzeichen der Forschung an unserer Hochschule ist der ausgeprägte Anwendungsbezug. Dieser kommt in den mehr als 50 Beiträgen des vorliegenden Forschungsberichtes zum Ausdruck. Allerdings zeigen diese nur einen kleinen Ausschnitt aus den umfassenden Aktivitäten der Angewandten Forschung an der Fachhochschule Köln.

Zur besseren Orientierung und Kommunikation des aktuellen Forschungsprofils der Fachhochschule Köln sind die vielfältigen Forschungsaktivitäten in insgesamt acht Clustern gruppiert, welche auch die Struktur für den vorliegenden Forschungsbericht bilden.

Die Beiträge belegen das breite Kompetenzspektrum sowie die Tiefe der wissenschaftlichen Kompetenzen, welche an der Fachhochschule Köln vertreten sind. Es wird deutlich, dass die Forscherinnen und Forscher interdisziplinär und transdisziplinär arbeiten. Die Beiträge umfassen ein weites Spektrum von den Sozialwissenschaften über die Kultur- und Wirtschaftswissenschaften bis zu den Ingenieurwissenschaften. Internationale Projekte zeigen, dass die Fachhochschule Köln mit ihren Forschungsaktivitäten weltweit vertreten ist. Die hohe Vernetzung mit Unternehmen, Non-Profit-Organisationen sowie anderen Wissenschaftseinrichtungen kommt in nahezu allen Beiträgen zum Ausdruck. Der größte Teil der vorgestellten Beiträge sind öffentlich-geförderte Forschungsprojekte und Projekte in Kooperation mit externen Unternehmen und Non-Profit-Organisationen. Eine aktuelle Analyse hat gezeigt, dass die Fachhochschule Köln zu den drei erfolgreichsten Fachhochschulen Deutschlands gehört, die sich am 6. EU-Forschungsrahmenprogramm beteiligt haben. Einige dieser Aktivitäten sind im vorliegenden Bericht vorgestellt.

Zum weiteren Ausbau der Zusammenarbeit mit externen Partnern hat sich die Fachhochschule Köln an der InnovationsAllianz der NRW-Hochschulen beteiligt. Über die InnovationsAllianz stehen der Wirtschaft und Non-Profit-Organisation effektive Wege zur Verfügung, um Kooperationsanfragen an die NRW-Hochschulen in kurzer Zeit mit einer kompetenten Rückmeldung und Nennung von potenziellen Kooperationspartnern aus der Wissenschaft beantwortet zu bekommen. Zur Vereinfachung der dann anschließenden, operativen Zusammenarbeit, insbesondere mit Unternehmen und Non-Profit-Organisationen, steht seit diesem Jahr die KoelnTech – Gesellschaft für Angewandte Forschung mbH als privatwirtschaftlich organisierte Gesellschaft mit der Fachhochschule Köln als größter Einzelgesellschafterin zur Verfügung. Nachfrageorientiert werden dort Anfragen von externen Partnern sowie abgeschlossene Kooperationen in effizienter und effektiver Form betreut und es werden Servicedienstleistungen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erbracht.

All dies zeigt, dass die Fachhochschule Köln dabei ist, die Vision einer „International Research University of Applied Sciences“ in den nächsten Jahren Wirklichkeit werden zu lassen.

Wir wünschen Ihnen, sehr geehrte Leserinnen und Leser, eine erkenntnisreiche Lektüre dieser Berichte aus der Forschung an der Fachhochschule Köln und laden Sie herzlich ein mit uns gemeinsam an aktuellen Fragestellungen aus Wissenschaft und Praxis zu arbeiten.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Becker
Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer



ANGEWANDTE SOZIALWISSENSCHAFTEN

CLUSTER 1

Konferenz "Clash of Realities 2008"

Anfang März 2008 lud das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik zur zweiten Konferenz „Clash of Realities" ein. Bei dieser internationalen Wissenschaftstagung rund um Computerspiele diskutierten renommierte Forscher aus aller Welt die neuesten Entwicklungen und Forschungsfragen. Zu den herausragenden Referenten gehörten der dänische Computerspielforscher Jesper Juul, der am MIT (Boston, USA) sowie am Singapore Gamelab forscht, und James P. Gee aus Arizona. Gee sprach über das spezifische Lehr- und Lernpotenzial von digitalen Spielen. Seine Hauptthese lautete, dass das digitale Spielen in besonderer Weise das analytische Denken schule. In spannendem Kontrast hierzu standen die Überlegungen von Jesper Juul, der Spiele generell und Videospiele insbesondere als „emotionalstes aller Medien" diskutierte und damit die andere Seite des Computerspielens hervorhob: Die Immersion, das Gepacktsein und die Spannung des Gewinnens oder Verlierens. An den Ausführungen J. Juuls war gut zu erkennen, dass er sich sowohl als Spieleentwickler versucht hat als auch ein versierter Kenner der gesamten Spieleforschung ist. Computerspiele, das wurde aus seinem Vortrag ersichtlich, ersetzen nicht das traditionelle Spielzeug, weder die Bausteine, noch die Holzeisenbahn. Sie leisten etwas Eigenes und erweitern dabei unsere Spielmöglichkeiten. Wenn zum Spielen das Probehandeln dazugehört, dann bieten sich gerade PCs dafür an, denn sie sind Simulationsmaschinen schlechthin. Auf dem Computer oder mit der Konsole zu spielen, schränkt die Phantasie nicht etwa ein, sondern öffnet virtuelle Räume. Außerdem basieren und zitieren viele Computerspiele – das wird oft übersehen – vielfach althergebrachte Spielmodelle. Strategie-, Rätsel-, Kampf- und Rollenspiele etc. gab es lange vorher. Sie werden durch die Rechner nur in eine neue digitale Form transformiert. Insgesamt schließen sie sich exakt an die kulturelle Überlieferung unserer Spiele und unseres Spielzeugs an. Die Form der technischen Darbietung der Spiele auf dem PC oder mit Hilfe der Konsole mag vielen fremd sein, die Spielinhalte und Spieldynamiken sind die längst bekannten.

Ebenfalls aus den USA nach Köln gekommen war Elizabeth R. Hayes. Sie berichtete von einem Experiment mit dem äußerst populären Spiel „Die Sims 2", das Mädchen dazu ermuntern sollte, sich für Fragen der Informationstechnologie zu interessieren. Hayes meint, dass Computerspiele einen vielversprechenden Ausgangspunkt für Mädchen bilden könnten, sich mit digitalen Technologien intensiv zu befassen und sie nicht den nerds zu überlassen. Das Spiel „Die Sims" bietet sich für einen solchen Versuch an, weil es eine Art digitales Puppenhaus anbietet. Wenn ich damit spiele, erlerne ich ganz beiläufig bestimmte informationelle Techniken. Die Idee des Lernens, die hier verfolgt wird, ist die eines Lernens als „situated understanding and activity". Eine besondere Leistung erkennt E.R. Hayes darin, dass die Spielerinnen in "Die Sims" gefordert sind, ein komplexes System zu verwalten: „To manage this complexity, the player must begin to develop an awareness of how game functions as a system; to do so, she plays with the game world not simply within it."

Differenzierte Diskussion gefordert

Die Beiträge der Forschenden im deutschprachigen Raum, darunter Claus Pias, Wien, Britta Neitzel, Siegen, Rolf F. Nohr, Braunschweig, und Mathias Mertens, Hildesheim, eröffneten weitere neue Perspektiven. So zeigte der Philosoph Claus Pias auf, dass von Epidemiologen in einem Fachbeitrag für die medizinische Fachzeitschrift „The Lancet. Infectuous Diseases" das Online-Spiel „World of Warcraft" als eine „perfekte Versuchsanordnung zum Studium ansteckender Krankheit" aufgefasst worden ist. Hier könne digital eine Epidemie simuliert werden, um dann ihre Verlaufseigenheiten zu erforschen und über Gegenmaßnahmen nachzudenken.



Auch die anderen Forscher demonstrierten den mittlerweile erreichten Differenzierungsgrad der Fachdiskussion, sei es indem sie auf Funktion der Computerspiele als Leitmedium gerade bei Jüngeren eingingen, sei es dass sie wie der Hildesheimer Kulturwissenschaftler M. Mertens, die Computerspiele, sein Beispiel war „GTA San Andreas", in den Kontext der Populärkultur und der Unterhaltungsindustrie der vergangenen Jahrzehnte einzuordnen und zu gewichten wusste. Schon diese Hinweise verdeutlichen, dass die öffentliche Diskussion, wenn es ihr nur um die Skandalisierung und den Erregungsfaktor von Computerspielen geht, zu kurz greift. Sie muss in anderer Weise geführt werden, will sie nicht hinter dem Stand des aktuell erworbenen Wissens zurückfallen.

Dass Fachwissen notwendig ist, wurde nicht zuletzt deutlich durch die empirischen grundierten Forschungen des Hannoveraner Mediziners Bert te Wildt und der Augsburger Psychologin Silvia Kratzer zum Thema Online-Sucht erkennbar. Beide kamen unabhängig voneinander zu dem Ergebnis, dass eine treffende Antwort auf die Frage nach der Computerspielsucht und mögliche Erfolg versprechende Therapien nur dann wahrscheinlich sind, wenn wir erkennen, dass das krankhafte Spielen am Computer oder im Internet in der überwiegenden Zahl der Fälle ein Symptom ist und zumeist auf einer anderen Krankheit, zum Beispiel Depression, aufsetzt. Nur wenn die Depression erfolgreich behandelt wird, wird auch das Symptom verschwinden.



Neben der Frage nach dem Suchtpotenzial der Computerspiele steht weiterhin die nach der Gewalthaltigkeit und ihren potenziellen negativen Wirkungen. Zu diesem Thema referierte die Lüneburger Psychologin Maria von Salisch, die eine empirische Studie (KUHL-Studie) mit Berliner Kindern durchgeführt hat. Der besondere Wert ihrer Studie liegt darin, dass mit einem Abstand von einem Jahr zweimal die gleichen Kinder nach ihren Spielvorlieben befragt worden sind. Die Forschungsleiterin und ihr Team schlagen vor, auf die Selektionsprozesse achtzugeben und hierbei frühzeitig pädagogisch aktiv zu werden, um frühzeitig auf die „Geschmacksbildung" einzuwirken. Ergänzend sehen sie die Notwendigkeit, bestimmte „Risikogruppen" näher zu untersuchen. Bei jenen könnte unter bestimmten Umständen der Mechanismus der „wunscherfüllenden Identifikation" zum Tragen kommen. Maria von Salisch äußert zugleich Bedenken, wenn vorschnell „experimentell erzeugte Aggressivität" in die Wirklichkeit übertragen würde.

Was kann und muß getan werden?

Auf der Grundlage der Forschungsbeiträge konnte en detail über medienpädagogische Herausforderungen nachgedacht werden. Denn wir müssen uns fragen, was es heißt, dass der „offene Horizont in die Computerspiele" (Andreas Rosenfelder) eingezogen ist. Die immer attraktiveren open-world-games bieten offene Systeme und lassen die geschlossenen Welten der älteren Computerspiele hinter sich. Anfangs wurde den Spielern die Spielwelt fertig hingestellt, sie war „geschlossen", heutzutage entstehen Reiz und Spannung daraus, dass die Spieler ihre Welten auf der Basis eines digitalen Baukastens überhaupt erst einmal erstehen lassen. Der Präsident der Bundeszentrale für politische Bildung Thomas Krüger verwies in seiner Keynote auf die Schwierigkeiten und Chancen des Jugendmedienschutzes: „Jugendschutz in modernen Gesellschaften ist Risikomanagement." Er betonte, dass die Höhe des Schutzniveaus immer Ergebnis gesellschaftlicher und politischer Aushandlungsprozesse sein müsse und nicht ein für allemal festgelegt sein dürfe. Für ihn bleibt die „restriktive Komponente" des Jugendmedienschutzes relevant. Zusätzlich aber votiert er dafür, sich bewusst zu sein, dass dieser Seite des Jugendmedienschutz gesetzliche und politische Grenzen gesetzt seien und es um die Abwägung unterschiedlicher und zum Teil konträrer Rechtsgüter gehen müsse. Eine Folgerung aber, die daraus zu ziehen wäre, ist die nach „präventivem Jugendmedienschutz" und dies meint nichts anderes als medienpädagogisch angeleitetete und beförderte Medienkomptenzentwicklung. Thomas Krüger brachte an dieser Stelle das sozialpädagogische Konzept des empowerment ins Gespräch. Er forderte nachdrücklich dazu auf, den defizitorientierten Blick auf die Spielerinnen und Spieler zu Gunsten einer Haltung aufzugeben, die nach den Potenzialen im jeweiligen Medienhandeln forscht, um diese zu stärken und zu entwickeln. Es wird dabei nicht allein um die Stärkung der technischen Spielfertigkeiten gehen, sondern ebenso um die Auseinandersetzung mit den moralischen und politischen Implikationen der Computerspiele.

Welche Schritte vom Jugendschutz zur „informierten Entscheidung" zu gehen sind, erfuhren die Kongressteilnehmer durch den Vortrag der österreichischen Medienpädagogen Konstantin Mitgutsch und Herbert Rosenstingl. Mit dem Konzept der „Positivprädikatisierung" der Computerspiele wird in Österreich ein gänzlich anderes Konzept verfolgt als in der Bundesrepublik Deutschland mit den Institutionen Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) und Bundesprüfstelle für jugendgefährdende Medien (BpjM). In Österreich setzen Gesellschaft und Politik auf die Förderung und Hervorhebung des Gelungenen und nicht auf das Verbot des Schlechten mit dem Ziel, Eltern und Kinder dabei zu helfen, eine „informierte Entscheidung" zu treffen. „Es muss Anliegen des Jugendschutzes sein, einerseits Eltern zu motivieren, am Spielerleben der Kinder Anteil zu nehmen und andererseits Pädagoginnen und Pädagogen die Möglichkeit zu geben, Computerspiele als Freizeitbeschäftigung von Kindern zu akzeptieren und qualifizierte medienpädagogische Konzepte auch in diesem Bereich anzuwenden", betonten die österreichischen Kollegen.

Folgerungen für unsere Arbeit

Für die Arbeit des Instituts für Medienforschung und Medienpädagogik und das Projekt „Spielraum" kann aus den Hinweisen und Ergebnissen der Tagung einiges übernommen und zukünftig praktisch umgesetzt werden. Wir sehen nämlich, dass in der Gegenwart die Funktionstüchtigkeit des klassischen Familienmodells – Eltern und zwei Kinder – nicht mehr gewahrt scheint. Die Prozesse der Modernisierung gingen an der Kleinfamilie nicht spurlos vorüber, sie erfährt seit Jahren einen erheblichen Funktionsverlust und musste ehemals charakteristische Aufgaben an andere Instanzen abgeben. Das durch die Familie überlieferte Wissen und Können reicht schon längst nicht mehr hin, um im Alltag bestehen zu können: Kindergarten und Schule haben zahlreiche der traditionellen Erziehungsaufgaben des Elternhauses übernommen. Aber auch die dominante Vorbildfunktion, die einmal Eltern, Großeltern und nahe Verwandte innehatten, gingen an die Konkurrenz verloren, und dann kommen noch die neuen Medien ins Spiel. Dadurch aber wird nichts einfacher, sondern vieles komplizierter. Die Elterngeneration hat zwar mit Blick auf die „alten"

Medien (TV, Film, Radio) den Anspruch, sich auszukennen und das nötige Know-how an ihre Kinder weitergeben zu können. Im Bereich der Computerspiele und des Internet scheint ihre Vorrangstellung jedoch mehr als fraglich.

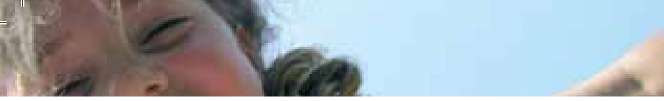
Die mittlerweile traditionellen elektronischen Medien haben gemeinsam, dass sie zum „normalen" Familienhaushalt dazugehören. Was sich darin zeigt, dass wir eine beinahe 100-Prozent-Deckung mit TV-Geräten in den Familien haben. Der Hinweis auf eine früher einmal geführte erregte Fernsehdebatte: Schadet es, nützt es, belehrt es oder verdirbt es, wirkt von heute aus merkwürdig obsolet und unwirklich. Die heutigen Eltern und älteren Erwachsenen sehen sich bezogen auf ihre Medien als kompetent an und das bedeutet: Sie können auswählen, haben Vorlieben, kennen Sender und Sendeplätze. Mit einem Wort: Sie wissen, was sie erwartet. Ich möchte sogar soweit gehen zu sagen, dass sie auch über einzelne Mediengenres und –gattungen wohlinformiert sind und deren Vor- und Nachteile abwägen und bewerten können. Auch wenn diese Medien zumeist passiv rezipiert werden, so wählen die Nutzer doch bewusst aus und entscheiden sich für oder gegen etwas. Es ist eben nicht so, dass die Medien etwas mit ihrem Publikum machen, es macht vielmehr für sich etwas aus den Medien.

Durch digitale Medien entstehen nun völlig neue Herausforderungen. Bisher haben Erwachsene ihre Fähigkeiten und ihr Wissen an ihre Kinder weitergegeben. Die digitale Revolution stellt die Medienkompetenz nun aber vor völlig neue Herausforderungen. Denn was bis dahin gültiges Medienwissen und –können war, wurde radikal entwertet. Wer mit der Haltung eines Fernsehnutzers an die Möglichkeiten der virtuellen Welt herangeht, verfehlt deren Dimension. Das Eindringen des PCs seit den 1980er Jahren und des Internets seit 1993 in die Familien hat eine neuartige Kluft geschaffen, den digital divide. Diese Kluft existiert nicht allein zwischen Besitzenden und Nichtbesitzenden, digital natives und -non natives, sondern auch zwischen Älteren und Jungen, zwischen Eltern und Kindern. Denn schon Jüngste surfen heutzutage versiert in den Weiten des Worldwideweb. Ihr aktiver Zugriff auf die Möglichkeiten der digitalen Medien unterscheidet sich gravierend von dem des Fernsehzuschauers, der sitzt und schaut, sie sitzen und (inter-)agieren. Was die Jüngeren an Können den Älteren im Feld der digitalen Medien voraushaben, beeindruckt. Sie sind plötzlich die Spezialisten und geben den Ton an. Sie sind medienkompetent und offenbaren Zugangs- und Verfügungswissen.
Besonders offensichtlich wird der Graben, der Ältere und Jüngere trennt, wenn man sich die digitalen Spielwelten – gestartet 1977 mit dem Atari 2600 – anschaut. Nimmt man die Bildschirmspiele, so haben wir es mit einem Angebot zu tun, das es seit ca. 30 Jahren gibt. Es wird gerade „erwachsen". Die modernen ganz jungen Eltern unserer Gegenwart sind die erste Generation, die bereits mit digitalen Spielen groß geworden ist und mit Blick auf ihre Kinder bringen sie in dieser Hinsicht spezifisches Medienwissen mit. Denn digitale Spiele waren Teil ihrer Mediensozialisation und ihres Alltags. Die gleichwohl heute immer noch vorherrschende Diskussion nährt sich aber aus einer Einstellung, die die Bildschirmspiele als unwillkommene Eindringlinge einschätzt und vielfach ablehnt. Denn sie fordern eingefahrene Mediengewohnheiten heraus. Einfach gesagt: „Wenn ich nichts tue, geschieht nichts". Der deutschen Familie liebstes Werkzeug, die Fernbedienung, bringt nichts, weil sich ein Bildschirmspiel nicht von allein spielt. Das unterscheidet es grundsätzlich von Film, TV und Video: Videokassette eingelegt und der Film läuft ganz ohne weiteres Zutun. Nicht so beim digitalen Spiel!

Diese Seite der überlieferten Mediengewohnheiten, wie sie lange in den Familien bestimmend war, steht aber nicht allein. Heutige Familien mit Kindern sind zudem mit der Tatsache konfrontiert, dass neue Medien nicht nur neue Handlungsformen erzwingen, sondern auch ihre inhaltlichen Eigenschaften erheischen einen völlig anderen Zugang. Bisher konnte ich mich etwa auf die Fernsehzeitung verlassen und dort alles über Produktion, Stars und Sternchen erfahren. Dies alles läuft nun bezogen auf digitale Medien woanders ab und tritt auch ganz anders auf. Dadurch wird das bisherige Herrschaftswissen irrelevant. Söhne und Töchter verfügen plötzlich über die Expertise und die Eltern entwickeln sich zurück, sie werden zu eher unwilligen Lehrlingen. Titel, angesagte Themen, die wichtigen Hersteller, die Namen der Spieleentwickler, das alles tritt den meisten Erwachsenen als „böhmische Dörfer" entgegen, fremd und unzugänglich; vor allem aber inkompatibel mit ihren Mediengewohnheiten.

Medienpädagogik muss sein

Die wohl häufigste Frage in Verbindung mit Medienkompetenz lautet: Was denn zu tun wäre? Die einen kommen mit dem Verbotsschild, sie wollen „Schlimmeres" verhindern. Aber ist das eine erfolgversprechende Strategie? Mir scheint es – auch unter Brücksichtigung der Forschungsergebnisse Maria von Salischs – sinnvoller zu fragen, wie wir Geschmack und Präferenzen der Kinder entwickeln können, so dass sie sich nicht einseitig festlegen. Dies muss natürlich – und so kommt die Familie wieder ins Spiel – einhergehen mit der Stärkung der Persönlichkeit der Heranwachsenden. Dann werden sie bei den Bildschirmspielen ebenso sicher wählen können, wie es längst bei TV und Büchern üblich ist. Bekanntlich sind 8-12-Jährige in ihren Vorlieben für bestimmte Bildschirmspiele noch nicht festgelegt. Ihre Orientierung auf einzelne Genres ist nur moderat stabil.
Das Ende der Kindheit bietet Chancen zu experimentieren und dies gilt auch für den Umgang mit Bildschirmspielen. Zu diesem Zeitpunkt haben die Kinder noch keine klare Erwartung darüber, welche Gratifikationen das PC-Spielen ihnen gewähren kann und welche sie sich erhoffen. Dieses Medium muss sich nämlich auch in Konkurrenz mit anderen Freizeitangeboten bewähren. Erst nachdem das Gratifikationspotenzial offensichtlich geworden ist, kommt es zur Spezialisierung auf bestimmte Spiele. Denn um erfolgreich an Rechner oder Konsole zu spielen, brauche ich Übung.
Wir sollten also – auch aus medienpädagogischen Gründen – die Selektionseffekte (anstelle der vermuteten Wirkungen) in den Vordergrund rücken, wie es Maria von Salisch fordert. In der frühen Phase der Computerspielkarriere finden die Weichenstellungen für Genres und für die Spielmotive statt. Weil nun aber Jugendliche, also über 12-Jährige, sich nicht mehr gern von Erwachsenen hineinreden lassen wollen in ihre Vorlieben – und auch längst die Gleichaltrigen sowie die angesagten Medien neben und gegen die Familie antreten, müssen wir, so von Salisch et al., wegen der notwendigen Ablösungsvorgänge früh mit den medienpädagogischen Eingriffen beginnen. Aus entwicklungspsychologischer Sicht können wir uns einiges davon erwarten, Interventionen in der Übergangsperiode vom Kind zum Jugendlichen anzusetzen. Aber in dieser Phase muss zudem der Wechsel vollzogen werden vom zu erziehenden Kind zum allenfalls noch zu begleitenden Jugendlichen.
Allein durch Schützen und Bewahren kann sich Medienkompetenz nicht herausbilden, vielmehr muss die Wahrnehmung geschult und aufgeklärt werden und zu



eigenständigem Medienverhalten hingeführt werden. Eine „Zeigefingerpädagogik" steht einer solchen Orientierung, die auf Selbstartikulation und Partizipation aus ist, entgegen; sie lässt die Kinder hilflos in der Medienwelt und verstellt ihnen Perspektiven.

Was nun die häufigen Wirkungsvermutungen Computerspielen gegenüber anbetrifft so hat auch diese zweite Tagung nahegelegt, dass eben kein direkter Weg von der Betrachtung virtueller Gewalt zur realen Tat führt. Die Medienwelt und auch die der Computerspiele bleibt eine sekundäre, eine symbolisch vermittelte Welt. Sie ist nicht die Realität selbst, auch wenn sie mit dieser eng verflochten scheint. Medien sind niemals allein agierend und alleinverursachend. Wenn gleichwohl befürchtet wird, dass Spieler, Stichwort „Risikogruppen", die Prämissen, Handlungsvorgaben und Werte der Spiele übernehmen, dann stellt sich die medienpädagogische Aufgabe – und sie ist allemal besser als Zensur und Indizierung – umso stärkere Widerstandskräfte und Realorientierungen der Einzelnen aufzubauen und die notwendige Rahmenkompetenz zu entwickeln, um sich der eigenen sozialen Existenz zu versichern.
Pädagogische wie politische Diskussionen über die Gewalthaltigkeit von Computerspielen müssten außerdem ehrlicherweise auf die verbreitete Violenz moderner Gesellschaften zurückverweisen. Auch moderne Gesellschaften sind von archaischen, immer wieder neu geformten und auch ästhetisierten Gewaltbestrebungen durchherrscht, was in Spielen seinen Ausdruck findet. Computerspiele sind nur so weit entwickelt wie die Gesellschaft, in der sie entstehen und genutzt werden.
Es kann nicht angehen, ein Freizeitvergnügen, das der größte Teil der heutigen Kinder und Jugendlichen genießt, zu dämonisieren. Die Spiele gehören zu ihrem Alltag und sind „normaler" Bestandteil ihrer Freizeit. Wenn die Politik dennoch gegen die Jugendlichen entscheiden würde, wäre das in deren Augen ein weiteres Mal ein Zeichen, dass es wieder einmal um bloße symbolische Politik gehe und ein Sündenbock gebraucht wird, um von eigenem Versagen abzulenken, und eine ganze Generation würde unter Verdacht gestellt. Das aber mutet seltsam an, wenn wir die Ergebnisse der jüngsten Shell-Jugendstudie (2006) dazu in Beziehung setzen, die den Jugendlichen eine positive und stabile Werthaltung attestiert und vermerkt, dass sie sich verstärkt auf den Nahraum Familie und Freundschaft orientieren und bei allem Streben nach Unabhängigkeit zugleich den Sekundärtugenden Ehrgeiz und Fleiß huldigen.

Insgesamt belegte die Tagung, dass das Interesse der politischen und publizistischen Öffentlichkeit enorm ist: die Untersuchung und Beschäftigung mit Spielen in digitalen Welten gehört längst zum Kernbestand der Medienforschung. Sie wird auch in Zukunft aus gesellschaftspolitischer Verantwortung heraus weiter zu fördern sein. Ende 2008 erschien die Tagungsdokumentation: „Clash of Realities 2008. Spielen in digitalen Welten", herausgegeben von Winfred Kaminski und Martin Lorber im kopaed verlag, München.

Winfred Kaminski

Abstract
Im März 2008 diskutierte die internationale Elite der Computerspielforscher an der Fachhochschule Köln über neueste Entwicklungen und Forschungsfragen. Dabei wurde deutlich, dass Computerspiele längst ihren festen Platz in der Medienforschung haben. Die öffentliche Diskussion um die Spiele in der virtuellen Welt hingegen greift zu kurz, waren sich die Wissenschaftler einig. Sie ignoriert den aktuellen Stand von Fachwissen – und bleibt bei der Skandalisierung der Spiele.

Projektleitung
Prof. Dr. Winfred Kaminski
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik
winfred.kaminski@fh-koeln.de

Projektpartner
Electronic Arts

Medienkompetenz bei Grundschülern

Auch Kinder sind Kunden und werden jeden Tag mit Werbung in den Medien konfrontiert – teilweise ganz gezielt. Sie müssen lernen, mit den vielen Angeboten umzugehen. Deshalb führt das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik in Kooperation mit dem Media Smart e.V. eine Evaluation von Projekten zur Förderung der Medienkompetenz bei Grundschülern durch. Der Projektpartner Media Smart e.V., hat dafür eigens Produkte entwickelt. Das Materialpaket „Augen auf Werbung. Werbung erkennen und hinterfragen" soll die Werbekompetenz bei Kindern des 3. und 4. Schuljahres fördern. Teilweise liegen dazu bereits Evaluationen vor, die sich jedoch schwerpunktmäßig mit der Qualität des Materials oder deren Handhabung durch die Lehrkräfte befassen.

Änderung des Komsumverhaltens

Während sich die vorliegenden Evaluationsuntersuchungen auf die Ebenen der Struktur- und Prozessqualität konzentrierten, nimmt das aktuelle Evaluationsprojekt vor allem die Ergebnisqualität in Augenschein: Ziel dieses Evaluationsprojektes ist die Erfassung des angestrebten Lerntransfers bei Grundschulkindern der 3. und 4. Klasse, die sich im Unterricht mit den medienpädagogischen Materialen und Aufgabenstellungen von „Augen auf Werbung" auseinandergesetzt haben. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund: Zeigt sich die neu gewonnene oder erweiterte Werbekompetenz in Alltagssituationen? Findet möglicherweise gar eine beobachtbare Veränderung des Konsumverhaltens statt? Die Projektphase der Akquise und Schulung motivierter Lehrer ist bereits abgeschlossen und die ersten Projekte haben mit dem Schulwinterhalbjahr 2008/2009 begonnen. Projektsschluss ist der 28.2.2009.

Qualitative Interviews mit Lehrkräften, Eltern und Kindern

Zur Durchführung der Evaluation wurden verschiedene Erhebungsinstrumente wie Interviewleitfäden, Fragebögen und Beobachtungsbögen entwickelt und einem Pre-Test unterzogen. Es werden auch qualitative Interviews mit allen beteiligten Lehrkräften geführt. Im Rahmen dieser Interviews sollen die Lehrkräfte das Ausmaß der Werbekompetenz der Schüler ihrer Klasse einschätzen, wie es sich ihnen zu Beginn der Unterrichtseinheiten zeigt. Nach Beendigung der Projekte werden sie in einem weiteren Interview um eine Einschätzung des Lernerfolgs der Schüler in Hinblick auf eine Erweiterung der Werbekompetenz gebeten.

Unter Zuhilfenahme von Fragebögen und Beobachtungsbögen und im Rahmen eines qualitativen Interviews geben auch die Eltern der beteiligten Grundschulkinder ihre Einschätzung der Werbekompetenz und des Konsumverhaltens ihrer Kinder wieder – und zwar vor, während und nach der Projektdurchführung. In weiteren qualitativen Interviews werden dann auch die Kinder zu einer Selbsteinschätzung in Hinblick auf ihren individuellen Lerntransfer und eine mögliche Veränderung ihres Konsumverhaltens aufgefordert.

Winfred Kaminski

Abstract

Auch Kinder werden täglich mit Werbung konfrontiert. Sie müssen früh lernen, mit den teils verlockenden Angeboten umzugehen. Aktuelle Projekte des Instituts für Medienforschung und Medienpädagogik in Kooperation mit Media Smart e.V. sollen dabei helfen und die Werbekompetenz von Grundschülern fördern. Das Forschungsziel: zu untersuchen, inwieweit sich durch gezielte Förderung und medienpädagogische Materialien das Konsumverhalten der Kinder im Alltag tatsächlich verändert hat. Lehrer und Eltern der Kinder sind involviert und werden zu ihren Beobachtungen und Einschätzungen befragt.

Projektleitung

Prof. Dr. Winfred Kaminski
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik
winfred.kaminski@fh-koeln.de

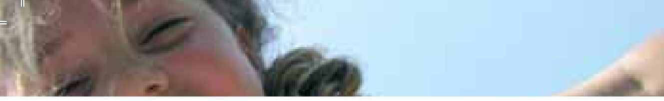
Projektbeteiligte

Dr. Tanja Witting
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik

André Czauderna
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik

Projektpartner

Media Smart e.V.



„Digital games literacy“

Ein Instrumentarium zur qualitativen Analyse der Gestaltungsmittel von Computerspielen zusammenzustellen und zu erproben, ist das Ziel der Doktorarbeit von Daniel Kringiel (Titel: „Computerspiellesefähigkeit. Grundlagen einer angewandten multiperspektivischen Computerspielanalyse“). Zum einen soll die Arbeit als Hilfsmittel für die pädagogische Förderung einer kritischen „digital games literacy“ dienen und zum anderen Anhaltspunkte für die inhaltliche Beurteilung von Bildschirmspielen im institutionalisierten Jugendmedienschutz bieten. Die bereits entwickelten „Instrumente“ sollen helfen zu verstehen, auf welche Weise und mit welchen Mitteln Computerspiele ihre Inhalte, sich selbst und ihr Spielerlebnis vermitteln. Das Bewusstsein für die Rahmenfaktoren des Spielerlebnisses trägt sodann zu einem stärker selbstbestimmten Mediengebrauch digitaler Spiele bei.

Unterschiedliche Perspektiven auf Computerspiele

Kringiel hat dazu mehr als 200 analytische Leitfragen aus den verschiedenen Teilbereichen des jungen Forschungsfeldes der „Game Studies“ abgeleitet und zu einem multiperspektivischen Fragenkatalog zusammengestellt. Unterschieden wurden dabei verschiedene Fragestellungen, die das digitale Spiel betreffen:

- ludologische, das heißt, an Regel- und Zeitstrukturen des Spiels ausgerichtete
- narrativistische, die auf Parallelen zum literarischen Erzählen fokussieren
- cyberdramatische, die das Computerspiel als interaktives Theater verstehen.

Dazu kamen noch filmanalytische, architektonische sowie didaktische Fragestellungen. Um ein breites Verständnis des untersuchten Gegenstandes zu erzielen, scheint es notwendig, diese unterschiedlichen Perspektiven nebeneinander zu stellen.

Auswirkungen auf den Spieler

Im Hauptteil der Arbeit wird die Handhabbarkeit und Ergiebigkeit des Analyseinstrumentariums an einem Beispiel überprüft – dem Shooter „Max Payne 2“. Die Beschränkung auf ein Spiel erfolgte bewusst, um das umfangreiche Instrumentarium einmal in seiner ganzen Breite exemplarisch zu erproben. Es zeigte sich dabei beispielsweise, wie im Spiel durch intermediale Bezugnahmen auf bekannte Filmszenarien die Vermittlung komplexer Spielregeln vollzogen wird. Oder auch, wie dem Spieler durch subtile Signale ein Verstreichen von Zeit in der Spielwelt – und damit die Dringlichkeit seines schnellen Handelns – suggeriert wird. In Wirklichkeit aber steht das Spiel vollkommen still, bis der Spieler seine Handlungen fortsetzt. Die Untersuchung ergab auch, dass das Spiel seine Handlungs- und Lernanforderungen den Leistungen des Spielers im Verborgenen anpasst, um eine gleichmäßig hohe Spielmotivation aufrecht zu erhalten.

Der Autor stellte in seiner Arbeit Querbeziehungen zwischen den Teilperspektiven her und gab Ausblicke auf die Analyse anders gearteter Computerspiele sowie auf ergänzende Untersuchungen der Gestaltungsmittel von Computerspielen. Diese wiederum lieferten Anhaltspunkte zur weiteren kritisch-hinterfragenden Auseinandersetzung mit Computerspielen.

Winfred Kaminski, Daniel Kringiel

Abstract

Die Doktorarbeit von Daniel Kringiel leistet einen Beitrag zur qualitativen Analyse der Gestaltungsmittel von Computerspielen. Zum einen soll die Arbeit als Hilfsmittel für die pädagogische Förderung einer kritischen *digital games literacy* dienen. Zum anderen soll sie Anhaltspunkte für die inhaltliche Beurteilung von Bildschirmspielen im institutionalisierten Jugendmedienschutz bieten. Der Autor hat dazu Leitfragen aus den verschiedenen Teilbereichen des Forschungsfeldes der „Game Studies“ abgeleitet, zu einem Instrumentarium zusammengestellt und an einem konkreten Beispiel erprobt. Dabei zeigte sich, wie sich das Verhalten des Spielers veränderte und wie das Spiel sich an den Rhythmus des Spielers anpasste.

Leitung des Promotionsprojekts

Prof. Dr. Winfred Kaminski
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik
winfred.kaminski@fh-koeln.de

Kooperierender Hochschulpartner

Prof. Dr. G. Scholz
Institut für Erziehungswissenschaften der Johann Wolfgang von Goethe-Universität Frankfurt a.M.

Der Allgemeine Soziale Dienst (ASD) im Wandel – ein Praxisvergleich

Die Leistungsqualität kommunaler sozialer Dienste wird gegenwärtig von zwei Seiten „in die Zange genommen“: In der Gesellschaft sind die Ansprüche an das so genannte „Wächteramt“ zur Sicherung des Kindeswohls gestiegen und zugleich fordern komplexere Problemlagen von Familien, Kindern und Jugendlichen die Kompetenz- und Methodenentwicklung der sozialen Arbeit heraus. Vor diesem Hintergrund wird kontinuierlich versucht, die Dienste der Kinder- und Jugendhilfe, des Gesundheitswesens und weiterer familienbezogener Dienstleistungen neu zu strukturieren. Sie sind in einer verlässlichen und berechenbaren Kooperation miteinander zu vernetzen, damit riskante Lebenssituationen bei Kindern und Familien frühzeitig wahrgenommen und wirkungsvolle Interventions- und Fördermaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden können.

Im Zentrum einer solchen Neuorganisation des kommunalen sozialen Dienstleistungsnetzes steht der Allgemeine Soziale Dienst (ASD). Als eine Schlüsselinfrastruktur der sozialstaatlichen Intervention gegen Armuts- und Lebensrisiken sowie deren Folgen sieht er sich erhöhten professionellen Kompetenzanforderungen ausgesetzt. Diese werden durch die anhaltenden Finanzierungs- und Beschäftigungsprobleme auf Seiten der Kommunen verschärft.

Konzept der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung von Organisations- und Prozessmodellen des ASD beziehungsweise des Kommunalen Sozialdienstes, die sich besonders für die Gewährleistung der sozialpädagogischen Fachlichkeit, die Wirksamkeit der Leistungen sowie eine effiziente und aus beschäftigungspolitischer Perspektive sozialverträgliche Leistungserbringung eignen. Zudem soll die Richtung des sozialen Wandels, dem der ASD unterliegt, festgestellt werden. Um diese Ziele zu erreichen, wird folgenden Untersuchungsfragen nachgegangen:

- In welcher Form verändern sich soziale Dienste im Kon-

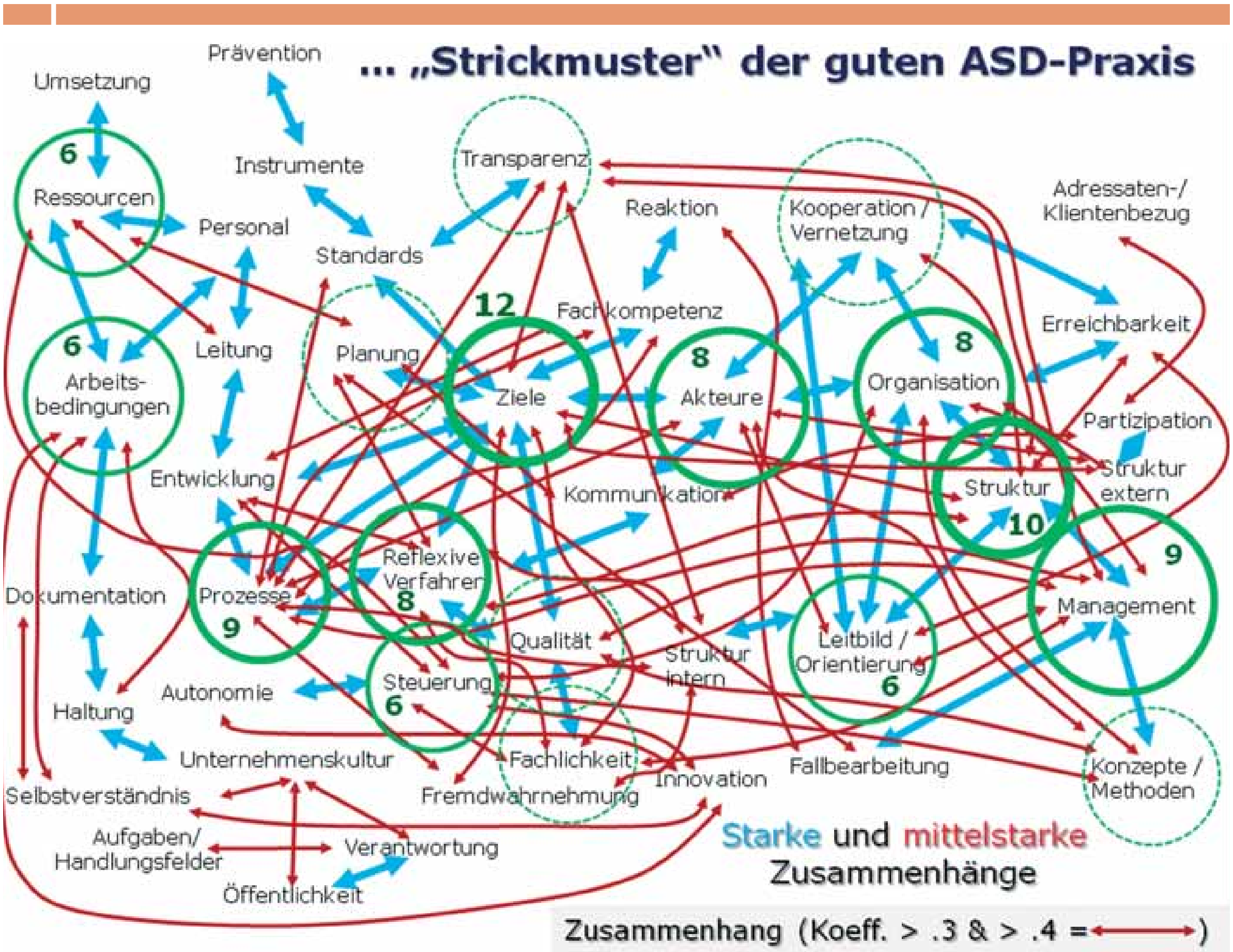
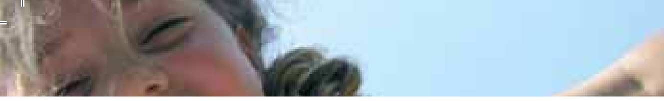


Abb. 1: Analyse der starken Zusammenhänge zwischen den von den Befragten genannten Beispielen und den hierzu genannten Merkmalen



text gesellschaftlicher Transformationsprozesse?

- In welche Richtung wandeln sich die Arbeitsvollzüge und -bedingungen der Fach- und Leitungskräfte?
- Welche Organisations- und Prozessmodelle können für die Zukunftsfähigkeit des ASD als besonders tragfähig angesehen werden?
- Welche Faktoren kennzeichnet hervorragende ASD-Arbeit – im Sinn von anerkannter „bester" und „guter Praxis" – auf den Ebenen fachlicher Arbeitsansatz, Organisationsstruktur, interne und externe Vernetzung, Verfahrensablauf, methodisches Vorgehen und Leistungs- sowie Wirkungsergebnisse?

Der Untersuchungsansatz basiert auf der ‚Benchmarking-Logik' und auf einer „Differenzanalyse". In der Benchmarking-Perspektive werden Allgemeine Soziale Dienste verglichen, in denen erfolgreich Organisations- und Qualitätsentwicklungsprozesse angestoßen wurden. In der Differenz-Perspektive werden sie der Leistungsfähigkeit von Allgemeinen Sozialdiensten mit herkömmlichen Strukturen und durchschnittlich verbreitetem Leistungsvermögen gegenüber gestellt und Unterschiede auf den benannten Handlungsebenen herausgearbeitet.

Benchmarking und objektive Wahrheit

Aus forschungsökonomischen Gründen können nicht alle in Frage kommenden Einrichtungen des ASD betrachtet werden, um diejenigen mit einer hervorragenden Praxis zu erkennen. Daher wurde für den Einstieg in die Untersuchung der „Reputationsansatz" gewählt, bei dem „Insider" – es handelt sich um Experten und Praxisakteure – danach gefragt werden, welche Beispiele als hervorragend, also als „beste Praxis" gelten. Die Gewinnung der Beispiele basiert folglich auf den Wahrnehmungen von Professionellen, die in die Arbeitsvollzüge von ASD eng involviert sind. Dabei stellt sich die grundlegende Frage – unabhängig davon, ob die Forscher/innen selbst beobachten oder sich auf die Wahrnehmungen von Insidern stützen, – ob das, was wir wahrnehmen, auch wirklich wahr ist.

Es spricht viel für das Theorem des „radikalen Konstruktivismus" von Ernst von Glasersfeld, dass die Wirklichkeit nicht einfach abgebildet werden kann, sondern immer aktiv über subjektive Wahrnehmungen und ihre intersubjektive Aushandlung erzeugt wird. Deshalb folgt das hier gewählte methodische Konzept nicht uneingeschränkt einer naiven Benchmarking-Logik, die sich einer ‚objektiven Wahrheit' verpflichtet sieht. Denn einerseits besteht das Risiko, dass die Forschergruppe das Set von Beispielen zu „bester Praxis" konstruiert, und andererseits das Risiko, dass bei der Befragung von Insidern nur deren subjektive Wirklichkeitskonstruktionen erfasst werden. Daher werden im Untersuchungsverlauf diverse Kontrastierungen verschieden komponierter Stichprobenzusammensetzungen vorgenommen, die Definitions- und Zuschreibungsmuster der ASD-Praxis erkennbar werden lassen. Für den gewählten Benchmarking-Ansatz folgt daraus, dass das Konzept der objektiven Wahrheit – z.B. in Gestalt einer objektiv „besten Praxis" des ASD in Deutschland – ersetzt wird durch den Begriff der „Viabilität" (von Glasersfeld). Aus der Perspektive des Konstruktivismus repräsentieren die empirisch als „beste Praxis" ermittelten Beispiele „viable", gangbare oder besonders passende Wege, die aktuellen Anforderungen in der ASD-Arbeit auf zeitspezifische Weise erfolgreich zu erfüllen. Das methodische Umsetzungskonzept soll sicherstellen, dass dieser Zusammenhang bei der Generierung der Sammlung hervorragender Beispiele transparent wird.

Fernmündliche Erhebung von guten/ besten Praxisbeispielen

Zur Ermittlung von Best-Practices-Ansätzen im Zuge des Strukturwandels des ASD wurden Schlüsselpersonen einschlägiger Institutionen der sozialen Arbeit sowie relevanter Institutionen in ihrem Umfeld als Zielpersonen einer fernmündlichen



Abb. 2: Analyse der mittelstarken Zusammenhänge zwischen den von den Befragten genannten Beispielen und den hierzu genannten Merkmalen

Befragung definiert. Die Stichprobe der zu befragenden Experten/innen wurde in zwei Teilstichproben unterteilt, deren Mitglieder sich im Zugang und in der organisatorischen Verortung voneinander unterscheiden. Mit dieser Kontrastierung lässt sich überprüfen, ob die Zuschreibungsmuster und Konstruktionen, was hervorragende Praxis ausmacht, einheitlich strukturiert sind oder von sozialen Positionen der Wahrnehmung beeinflusst werden.

Unter anderem erfolgte eine Konzeptualisierung der Daten: Die in den Interviews genannten Kriterien für „best practices" wurden stichpunktartig, getreu dem Wortlaut der Interviewten aus den Fragebögen herausgegriffen. Diese Schlüsselbegriffe-/aussagen (N = 380) wurden unter der Frage nach ihrer Bedeutung und Repräsentanz analysiert. Im weiteren Vorgehen wurden die Schlüsselbegriffe miteinander verglichen. Ähnliche Aussagen wurden unter Kategorien gruppiert, die je eine konzeptuelle Bezeichnung erhielten. Auf diese Weise wurden 45 Kategorien aus dem Datenmaterial heraus generiert, die die Grundlage sowohl für die quantitative als auch für die qualitative Analyse der offenen Fragen nach den Indikatoren von „bester Praxis" bilden. Für die quantitative Auswertung wurden die Antworten der Befragten auf die in ihnen enthaltenen Kategorien reduziert und für die Datenverarbeitung in SPSS dem jeweils genannten „beste Praxis"-Beispiel als genannte oder nicht genannte Variable zugeordnet. Dieses Vorgehen ermöglicht eine differenzierte Analyse der Zusammenhänge zwischen den von den Befragten genannten Beispielen und den hierzu genannten Merkmalen. Für die weitere qualitative Bearbeitung wurden die komplexen Kategorienlisten intern differenziert, indem die in ihnen enthaltenen Substrukturen als Teilgruppen herausgearbeitet wurden. Die Unterteilung erfolgte etwa nach Struktur- und Prozessebene, Primär- und Sekundärprozessen, Handlungs- und Organisationsebene.

Die weiteren Schritte

In den nächsten Schritten werden aus den als „beste Praxis" geltenden ‚Vorzeigebeispielen' Fälle ausgewählt, die auf den sechs Handlungsebenen tiefenscharf beleuchtet werden. Neben dieser Untersuchungsstichprobe hervorragender Praxis wird eine Vergleichsprobe gezogen, die so genannte ‚Standardpraxis' repräsentiert (Ziehung der qualitativen Stichproben). Für die Vertiefungsanalyse auf der Basis der beiden qualitativen Stichproben werden die Schlüsselmerkmale der ASD-Praxis definiert. Im Rahmen explorativer Interviews (Leitfadeninterviews), schriftlicher Befragungen, ggf. teilnehmender Beobachtungen in den Diensten vor Ort und Dokumentenanalysen werden die Ausprägungen der ausgewählten Schlüsselmerkmale in den einzelnen Beispiel- und Standardfällen erhoben (qualitative Datenerhebung). Die gewonnenen Informationen werden in einem differenzanalytischen Vergleich der beiden Kontraststichproben systematisch und synoptisch aufbereitet. Qualitativ werden die Ausprägungen der Schlüsselmerkmale der Untersuchungs- und Vergleichsstichproben abgebildet, gegenübersgestellt und untersucht.

Herbert Schubert

Abstract

Durch gesellschaftliche Entwicklungen wie zunehmende Armut oder höhere Sensibilität gegenüber Kindeswohlgefährdungen findet die Leistungsfähigkeit des Allegemeinen Sozialen Dienste (ASD) vermehrt Beachtung. Damit wachsen auch die Erwartungen an seine Wirksamkeit. Demgegenüber stehen aber die Konsolidierungsbemühungen der kommunalen Haushalte. Einige Städte und Gemeinden haben deshalb Organisations- und Qualitätsentwicklungsprozesse angestoßen, damit der ASD effizienter arbeiten kann – bei gleichbleibender Qualität. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird die Leistungsfähigkeit von modernisierten sozialen Diensten systematisch mit ASD verglichen, die ihre Arbeitsweise nicht geändert haben. Die Untersuchung soll Aussagen über Organisationsmodelle ermöglichen, die für die Gewährleistung sozialpädagogischer Fachlichkeit im ASD, der Wirksamkeit seiner Leistungen und einer effizienten Leistungserbringung besonders geeignet sind. Das Projekt findet in Kooperation mit der Fachhochschule Kiel statt und wird von der Hans Böckler Stiftung gefördert.

Projektleitung

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit
herbert.schubert@fh-koeln.de

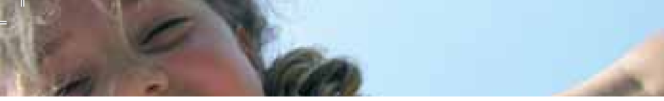
Projektbeteiligte

Dipl.-Soz.Arb. Marion Rädler

Projektpartner

Fachhochschule Kiel
Prof. Dr. Ingrid Gissel-Palkovich
Julia Stegt, M.A.

Hans Böckler Stiftung



Biographische Übergangssituationen ehemaliger Kölner Berufskollegabsolventen / innen (BiosKöln) – Untersuchungen zu Bildungskarrieren im Rahmen des Bildungsberichtes Köln

Um die Datenlage über die Bildungs- und Ausbildungssituation zu verbessern, wird in Köln ein System der kontinuierlichen Bildungsberichterstattung aufgebaut. Im Leitbildprozess „Köln 2020" hat sich die Stadt Köln das Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2020 europäisches Zentrum für berufliche Bildung und Qualifizierung zu werden.[1] Bis dahin sollen alle Kölner Schulen den zeitgemäßen Bildungsanforderrungen entsprechen und eine motivierende Lernatmosphäre ermöglichen. Das Problem der Bildungsbenachteiligung soll durch ein frühzeitig einsetzendes Förderangebot ausgeglichen werden. Das Forschungsvorhaben „BiosKöln", Biographische Übergangssituationen ehemaliger Kölner Berufskollegabsolventen/innen, wird die Informationslage dazu verbessern.

Konzept für die Untersuchung der Bildungs- und Berufsverläufe von Absolventen/innen ausgewählter Kölner Berufskollegs

Die Studie wird die Bildungs- und Berufsverläufe von Absolventen/innen der Kölner Berufskollegs bis zu sieben Jahre nach Verlassen der Schule nachzeichnen und analysieren. Die beobachteten individuellen Verläufe werden untersucht und zu empirisch ermittelten idealtypischen Verlaufsmustern gebündelt, aus denen schließlich Handlungsempfehlungen für die Schulen und sozialen Träger abgeleitet werden können. Da Menschen mit einem Migrationshintergrund im deutschen Bildungssystem weit stärker benachteiligt sind als Einheimische und somit auch größere Probleme haben, den Berufseinstieg erfolgreich zu meistern, werden sie in der Studie schwerpunktmäßig berücksichtigt.

Die Datenerhebung erfolgt mittels einer standardisierten Repräsentativbefragung von ehemaligen Schüler/innen ausgewählter Kölner Berufskollegs der Abschlussjahrgänge 2001, 2003, 2005 und 2007. Hierfür wird ein schriftlicher Fragebogen an die letzte bekannte Adresse ehemaliger Schüler von drei nach Fachbereich, Ausländeranteil und räumlicher Verteilung differenzierten Berufskollegs der Stadt Köln versandt.

Entwicklungschancen junger Menschen mit Migrationshintergrund

Ausgewählt wurden Berufskollegs der Fachrichtungen Elektrotechnik/Holztechnik/Metalltechnik, Wirtschaft und Verwaltung sowie Ernährung/Hauswirtschaft/Sozial- bzw. Gesundheitswesen. Die Schulen befinden sich in den Kölner Stadtteilen Ehrenfeld, Stadtmitte (Deutz) und Mühlheim und liegen bezüglich der Quote nichtdeutscher Schüler/innen im oberen Drittel aller Kölner Berufskollegs. Als Stichprobengröße wird ein Rücklauf der Fragebögen in Höhe von etwa N = 1.000 angestrebt. Es wird erwartet, dass die Entwicklungschancen junger Menschen mit einem Migrationshintergrund sowie ohne einen Schulabschluss, die an den Bildungsgängen „Berufsorientierungsjahr" und „Berufsgrundschuljahr" teilgenommen haben, aufgeklärt werden kann.

Die verlaufsbezogenen Indikatoren zur Darstellung des schulischen- und beruflichen Werdegangs samt Stationen der Arbeitslosigkeit werden im Fragebogen monatsbezogen erfragt. Darüber hinaus enthält der Fragebogen Indikatoren zur Beschreibung des Berufswahlprozesses und der Motivation der Befragten zum Zeitpunkt der ersten Übergangssituation von der Schule in die Berufsausbildung, in die Arbeitslosigkeit oder in eine Weiterbildungsmaßnahme. Da der Großteil der aktuellen Verbleibs- und Lebenslaufstudien eine hohe Abhängigkeit der Bildungs- und Berufsverläufe sowie der Berufswahlprozesse von dem sozioökonomischen Hintergrund der Befragten belegt, sind im Fragebogen auch Indikatoren enthalten, die einen möglichen Einfluss der schulischen und beruflichen Bildung der Eltern und ihre Rolle bei der Berufsberatung anzeigen sollen. Auch eine mögliche Einflussnahme des Freundeskreises und der Lehrer sowie sozialräumlicher Strukturen auf die Berufswahl der Befragten und damit letztendlich auch auf den Berufsverlauf sollen gemessen werden.

Leitfragen der Untersuchung sind:

- Wie prekär stellt sich die Übergangssituation für Absolventen/innen Kölner Berufskollegs dar?
- Wie wirken sich sozialstrukturelle Determinanten auf die Berufswahl und den Berufsverlauf aus?
- Welchen Einfluss üben die Eltern, die Lehrer und die Freunde auf die Wahl des Berufes des Befragten aus und ist die räumliche Nähe zum sozialen Netzwerk der Befragungsperson ausschlaggebend für die Wahl des Berufs?
- Wie motiviert zeigen sich ehemalige Schüler in den Übergangssituationen? Haben sie sich aktiv um die Arbeitsplatzsuche gekümmert? Welche Ereignisse wirkten motivierend, welche demotivierend? Auf welche Probleme sind sie bei der Arbeitsplatzsuche gestoßen?
- Lassen sich bestimmte Typen identifizieren, die einen ähnlichen Verlauf aufweisen?

Die Daten werden sowohl mit bivariaten als auch mit multivariaten Analyseverfahren ausgewertet. Neben der Deskription individueller Übergangsprozesse, wie der Darstellung der Statusentwicklung beziehungsweise der Dauer der durchlaufenen Stationen, werden anhand multivariater Analyseverfahren Typologien der Übergangsprozesse ermittelt. Dabei sollen die identifizierten Verlaufstypen die individuellen Verläufe so zusammenfassen, dass sich die Übergangsprozesse innerhalb einer Gruppe möglichst ähnlich sind, sich zugleich aber von den Übergangsprozessen anderer Gruppen möglichst stark unterscheiden. Die empirisch über Verfahren der Clusteranalyse realisierte Typenbildung wird durch theoretisch begründete Überlegungen sowie durch einen Blick auf die Typologien anderer Studien angeleitet. Wei-

terhin werden eventuelle statistische Zusammenhänge durch Kreuztabellierung und Regressionsanalysen sichtbar gemacht und bewertet.

Handlungsperspektiven

Da die Stadt Köln mit fast 329.000 Personen einen sehr hohen Anteil an Personen mit einem Migrationshintergrund besitzt[2], ist es besonders wichtig, die Bildungs- und Berufsverläufe dieser Schülerinnen und Schüler kontinuierlich zu beobachten und zu analysieren. Die Ergebnisse sollen die Grundlage für eine Reihe von Handlungsempfehlungen für die Schulen und sozialen Träger bilden und Erkenntnisse für das Management von Übergängen bringen, damit der Exklusion sozial benachteiligter Schüler wirkungsvoller begegnet werden kann.

Herbert Schubert

Quellen

[1] Stadt Köln: Leitbild Köln 2020. Das Leitbild für Kölns Weg in die Zukunft. Der Oberbürgermeister, Köln 2003. (http://www.stadt-koeln.de/stadtinitiativ/leitbild/index.html)

[2] Stadt Köln: Amt für Stadtentwicklung und Statistik 2008 [http://www.stadt-koeln.de]

Abstract

Die Informations- und Datenlage über die Bildungs- und Ausbildungssituation in Köln soll verbesessert werden. Dazu wird gegenwärtig ein System zur kontinuierlichen Bildungsberichterstattung aufgebaut. Im Kontext dieser Bildungsberichterstattung führt die Fachhochschule Köln eine quantitative Studie über Bildungs- und Berufskarrieren von jungen Frauen und Männern durch. Im Blickpunkt stehen die Bildungs- und Berufsverläufe sowie die Übergänge in den Beruf von ehemaligen Schüler/innen der Kölner Berufskollegs – insbesondere von Schüler/innen aus bildungsfernen Schichten und Schüler/innen mit einem Migrationshintergrund. Ziel der Studie ist es, die Bildungs- und Ausbildungsprozesse der Jugendlichen systematisch zu erfassen und typische Karriereverläufe zu identifizieren. Das Vorhaben wird von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Familie in Köln gefördert.

Projektleitung

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit
herbert.schubert@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl.-Soz. Christoph Heuer
Holger Spieckermann, M.A.

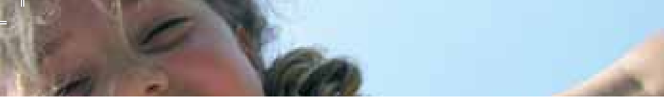
Projektlaufzeit

Mai 2008 bis April 2009

Kooperationspartner

Katholische Fachhochschule Nordrhein-Westfalen
Fachbereich Sozialwesen in Köln
Prof. Dr. Angelika Schmidt-Koddenberg
Dipl.-Soz.Päd. Simone Tempel

RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Familie



Wirkungen städtebaulicher Kriminalprävention auf Sicherheit und Integration

Evaluation von räumlich gestaltenden, wohnungswirtschaftlichen und sozialplanerischen Maßnahmen in den Großsiedlungen Kölnberg und Clarenberg

Ausgangssituation
Der Zusammenhang von Sicherheit und Stadtgestaltung wird in Deutschland seit den 90er Jahren intensiv diskutiert. Aus Nordamerika wurden erprobte Planungsansätze wie der „Schutz bietende Raum“ (defensible space) und wie die „kriminalpräventive Siedlungsgestaltung“ (crime prevention through environmental design) adaptiert. Damit verlagerte sich die Perspektive von täterorientierten zu situationsorientierten Präventionsmaßnahmen, die an den Tatgelegenheitsstrukturen ansetzen. Welche Auswirkungen städtebauliche Kriminalprävention, so der deutsche Begriff, auf die Entwicklung von Kriminalität und Kriminalitätsfurcht hat, ist in Deutschland bislang nur ungenügend erforscht worden.
Zugleich gewinnen kooperative Sicherheitsstrategien auf der lokalen Ebene an Bedeutung. Damit wird hierzulande einem Trend gefolgt, der in den angelsächsischen Ländern schon weit fortgeschritten ist. In den USA hat die Polizei den lokalen Präventionsansatz als erste aufgegriffen und mit „community policing“ einen Stein ins Rollen gebracht, der den Weg über den Atlantik nach Europa gefunden hat. Aus den skandinavischen Ländern wurde die Idee kommunaler Präventionsgremien übernommen, in denen die Akteure ihre lokalen Präventionsaktivitäten bündeln und abstimmen sowie gemeinsame ressort- und institutionenübergreifende Präventionskonzepte entwickeln und umsetzen. Solche Maßnahmen, zu denen auch die städtebauliche Kriminalprävention gehört, sind erst seit kurzem Gegenstand wissenschaftlicher Evaluationen.

Konzept der Untersuchung
Das Forschungsvorhaben untersucht die genannten Phänomene in der lokalen Sicherheitspolitik. Das geschieht anhand einer Fallstudie von zwei Großsiedlungen in zwei deutschen Großstädten: Der Dortmunder Stadtteil Clarenberg, wo zwischen 1997 und 2005 architektonisch-städtebauliche, wohnungswirtschaftliche und sozialplanerische Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit und Wohnzufriedenheit umgesetzt worden sind, und der Kölner Stadtteil Kölnberg, wo Präventionsmaßnahmen nicht in diesem Umfang erfolgt sind, werden miteinander verglichen. Dabei werden zwei Perspektiven eingenommen. Zum ersten werden die in Clarenberg ergriffenen Präventionsmaßnahmen evaluiert, was in der Gegenüberstellung zu den Ergebnissen am Kölnberg Rückschlüsse auf Wirkungen und Wirksamkeit zulässt. Zum zweiten wird analysiert, welche neuen akteursspezifischen Interaktionsmuster und institutionellen Arrangements im Handlungsfeld der lokalen Sicherheitspolitik anzutreffen sind und welche Prozesse zu beobachten sind, mit denen Einfluss auf die soziale und die Kriminalitätsentwicklung in einem Siedlungsraum genommen werden kann. Damit befindet sich das Forschungsvorhaben zwischen sozialwissenschaftlicher Evaluationsforschung und prozessorientierter Policyforschung.
Um das Forschungsvorhaben auf ein solides empirisches Fundament stellen zu können, wurde ein methodischer Ansatz gewählt, der möglichst viele qualitative und quantitative Formen der Datenerhebung und -auswertung miteinander kombiniert. Dazu gehören: (1) eine fotografische Dokumentation der Gestaltungsmaßnahmen in den beiden Sozialräumen, (2) Sekundäranalysen von kommunalen, wohnungswirtschaftlichen und polizeilichen Sozial-, Geschäfts- und Kriminalstatistiken, (3) Dokumentenanalysen von Planungsunterlagen, polizeilichen Einsatzberichten, Protokollen lokaler Arbeitskreise, (Präventions-) Gremien etc., (4) leitfadengestützte Interviews mit professionellen Stadtteilakteuren, (5) eine standardisierte Haushaltsbefragung nach dem Standardinventar zur Durchführung kommunaler Opferstudien, (6) leitfadengestützte Interviews mit Alt-, Neu- und ehemaligen Bewohnern, (7) eine Netzwerkanalyse des Zusammenwirkens der lokalen Akteure für die Belange des Sozialraums.

Theoretischer Ansatz
Anders als in den angelsächsischen Ländern – wie z.B. Großbritannien und USA – wurde das Modell der situativen Prävention in Deutschland nicht eng geführt übernommen. Denn im Kontext der langen Tradition der „Sozialpolitik“ genießt die soziale Prävention in Deutschland einen hohen Stellenwert. Der Schwerpunkt liegt hier traditionell auf der sozialen Prävention, die beispielsweise dem kommunalen sowie wohnungswirtschaftlichen Belegungsmanagement und der sozialpädagogischen Integration einen hohen Stellenwert einräumt. Der situative und der sozialpolitische Ansatz wurden daher auf mehreren Handlungsebenen zum umfassenden Präventionsmodell ISIS integriert:[3]

Übersicht: ISIS-Modell der präventiven Stadtgestaltung

- Integrationsmaßnahmen
  Im Zentrum – auf der mikrosozialen Ebene – stehen sozialpädagogische Präventionsansätze zur Integration und Aktivierung gefährdeter Personen und Personengruppen.
- Soziales Management
  Auf dieser Ebene ist die Belebung der Nachbarschaften wichtig, damit eine natürliche, d. h. informelle soziale Kontrolle entstehen kann. Wenn beispielsweise die Wohnbevölkerung vom sozialen Management der Wohnungsgesellschaften aktiviert und beteiligt wird, stabilisieren sich Sicherheit fördernde Kräfte im Wohnumfeld.

[3] Vgl. Schubert, Herbert (Hrsg.), Sicherheit durch Stadtgestaltung: Städtebauliche und wohnungswirtschaftliche Kriminalprävention, Köln 2005

- Intermediäre Kooperation
  Auf der korporativen Ebene entwickelt sich aus der Zusammenarbeit zwischen Professionellen, Organisationen und Institutionen ein präventives Milieu im Wohnquartier und im Stadtteil. Exemplarisch sind hier kommunale Präventionsräte, aber auch Netzwerke zwischen Polizei, Wohnungswirtschaft und Stadtplanung zu nennen.
- Städtebauliche Gestaltung
  Diese Ebene bezieht sich auf den gesamten Siedlungsraum. Nach dem situativen Präventionsansatz kommt es hier darauf an, den städtischen Raum so zu gestalten, dass Tatgelegenheiten minimiert und Angst erzeugende Bereiche planerisch ausgeschlossen werden.

Das ISIS-Modell ist von einer konzentrischen Bündelung der Maßnahmen gekennzeichnet. Es wird in der Untersuchung davon ausgegangen, dass die Kriminalprävention bei einer Integration dieser vier Programmebenen besonders wirksam ist und subjektive Unsicherheit minimiert, weil die Maßnahmen und Ebenen komplementär ineinander greifen. Die Sicherheitsgefühle werden auf diesen Ebenen vermittelt durch: (a) Bekanntheit und Kontakte der Nutzer im Raum; (b) koordiniertes Handeln korporativer Akteure; (c) zeitnahe Intervention bei Regelverletzungen; (d) eine hohe Werthaltigkeit symbolisierendes Material und eine Image fördernde Gestaltung; (e) verträgliche Mengen / Frequenzen durchlaufender Nutzungen; (f) die Gewährleistung von Ordnung und Sauberkeit; und (g) eigenverantwortliche Setzung von Signalen der Identifikation und Verantwortlichkeit durch die verschiedenen Stakeholder und Nutzer.

Erkenntnisse zum Wirkungszusammenhang

Im Forschungsvorhaben wird die Wirkung integrierter kriminalpräventiver Maßnahmen nach dem ISIS-Modell untersucht. Dies geschieht im Vergleich der beiden Fallstudien im Dortmunder Stadtteil Clarenberg und im Kölner Stadtteil Kölnberg. Es wurden bereits alle Maßnahmen auf den vier Handlungsebenen erfasst und eine städtebauliche Analyse vorgenommen. Die politische Steuerung wird anhand einer Netzwerkanalyse analysiert und im Rahmen einer Haushaltsbefragung werden das Sicherheitsgefühl sowie die Lebensqualität in der Bewohnerschaft erfasst. Schließlich werden die Eingangsdaten der Polizei mit Blick auf die objektive Sicherheitslage ausgewertet. Durch den Vergleich wird einerseits festgestellt, inwiefern die ergriffenen Präventionsmaßnahmen einen Beitrag zur Minderung der Kriminalität und der Kriminalitätsfurcht leisten konnten. Andererseits erfolgt eine Analyse der akteursspezifischen Interaktionsmuster und der institutionellen Arrangements im Handlungsfeld der lokalen Sicherheitspolitik.

In den Datenanalysen wurden die beiden Stadteile getrennt voneinander ausgewertet und dabei ausgewählte soziodemographische Indikatoren kontrolliert. Erste Erkenntnisse sind, dass Sicherheit weder durch das Einkommen der Bewohner noch durch einen hohen Anteil von Bevölkerung mit einem Migrationshintergrund noch durch das Geschlecht erklärt wird – die Sicherheit abbildenden Indikatoren bestätigen vor allem eine Ortsabhängigkeit. In weiteren Schritten (multiple Korrelationsanalyse, multivariate Regressionsanalyse, Mehrebenenanalyse) wurden die Wirkungszusammenhänge tiefenschärfer ausgeleuchtet. Dabei wurde bestätigt, dass die ISIS-Ebenen in einem positiven Wirkungsbezug zur örtlichen Sicherheitssituation stehen. Die Wirkung der in Clarenberg durchgeführten Maßnahmen der städtebaulichen Kriminalprävention wurde dabei nachgewiesen.

Herbert Schubert

Abstract

In der Dortmunder Wohnsiedlung Clarenberg und der Kölner Siedlung Kölnberg sollen Sicherheit und Wohnzufriedenheit erhöht werden. Dazu wurden entsprechende Maßnahmen initiiert und umgesetzt. Durch den Vergleich der beiden Großsiedlungen wird erstens untersucht, inwiefern die ergriffenen Präventionsmaßnahmen einen Beitrag zur Minderung der Kriminalität und der Kriminalitätsfurcht leisten konnten. Zweitens erfolgt eine Analyse der akteursspezifischen Interaktionsmuster und der institutionellen Arrangements im Handlungsfeld der lokalen Sicherheitspolitik. Und drittens wird das theoretische ISIS-Modell auf der Basis der empirischen Daten geprüft: Gibt es Effekte auf das Sicherheitsgefühl durch das koordinierte Zusammenspiel von sozialpädagogischen Integrationsmaßnahmen, Sozialmanagement der Wohnungswirtschaft, Kooperation der institutionellen Akteure und städtebaulichen Gestaltungsmaßnahmen? Dazu werden verschiedene qualitative und quantitative Methoden der Datenerhebung und -auswertung miteinander kombiniert. Das Vorhaben wird von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Familie in Köln gefördert.

Projektleitung

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit
herbert.schubert@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dr.-Ing. Katja Veil
Holger Spieckermann, M.A.

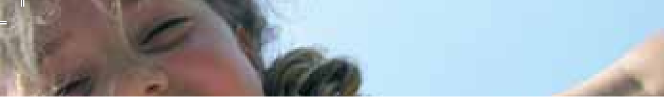
Projektlaufzeit

März 2007 bis Februar 2009

Kooperationspartner

Universität zu Köln, Lehrstuhl für vergleichende Politikwissenschaft
Prof. Dr. André Kaiser
Daniela Jäger, M.A.

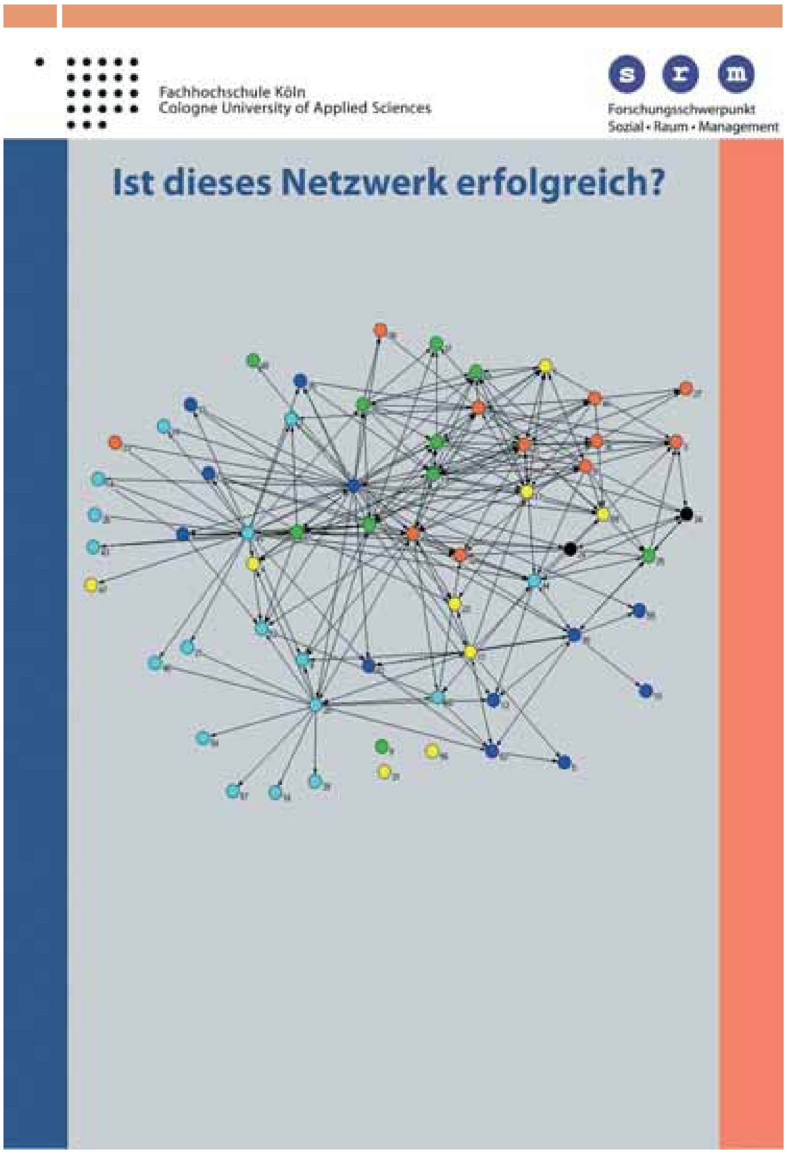
RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Familie



Evaluation des Netzwerks Frühe Förderung (NeFF)

Ausgangssituation

Das Landesjugendamt des Landschaftsverbands Rheinland hat das Modellprojekt „Netzwerk Frühe Förderung" (NeFF) initiiert. Es wurden Konzepte einer kommunalen Netzwerkorganisation und -steuerung zur frühen Förderung von Kindern und Familien entwickelt und an Modellstandorten implementiert. In der Stadt Dormagen, der Stadt Mönchengladbach, der Stadt Pulheim, der Stadt Velbert, der Stadt Wiehl und im Rheinisch-Bergischen Kreis werden im Rahmen von Modellprojekten sozialräumliche Netzwerke installiert. Unter der Steuerungsverantwortung des öffentlichen Jugendhilfeträgers sollen in diesen Netzwerke bis zum Jahr 2009 jeweils alle relevanten Institutionen und Einrichtungen der Jugendhilfe und des Gesundheitswesens fachbereichsübergreifend vernetzt werden. Das Ziel: mit frühen Präventions- und Interventionsmöglichkeiten Armutsfolgen für Kinder lindern oder sogar verhindern.



Präsentationstafel des NeFF-Projekts auf dem Jugendhilfetag 2008 in Essen

Die Ergebnisse und Wirkungen der Modellprojekte werden vom Forschungsschwerpunkt „Sozial • Raum • Management" der Fachhochschule Köln als wissenschaftlicher Begleitung evaluiert. Auf dieser Grundlage werden Empfehlungen für den flächendeckenden Aufbau von sozialräumlichen Netzwerken zur frühen Förderung von Kindern und Familien sowie deren Organisation und Steuerung gegeben.

Evaluation als Lernprozess

Unter Evaluation wird ein gemeinsamer Prozess der wissenschaftlichen Begleitforschung mit den Beteiligten verstanden, der einen Lernprozess zum Ziel hat. Bewährt hat sich die Verzahnung von formativer und summativer Evaluation. Die formative Evaluation soll prozessbegleitend und -beratend an der Projektentwicklung und der Zielerreichung mitwirken. Die Aufgabe der wissenschaftlichen Begleitforschung besteht darin, einen Beitrag zur Optimierung des Prozesses und der Projekte zu leisten. Die Auswertung des Gesamtprojekts, in der die Ergebnisse der Modellprojekte zusammengetragen und bewertet sowie die übergeordneten Ziele überprüft werden, findet in Form einer summativen, also einer bilanzierenden Evaluation statt.

Für die Evaluation und ein effektives Projektmanagement ist die exakte und rechtzeitige Formulierung von Zielen eine entscheidende Voraussetzung. Die Evaluation des Projekts NeFF ist als eine Verschränkung von externer Evaluation – der Fachhochschule Köln – und Selbstevaluation konzipiert. Die Akteure in den Modellprojekten sind aufgrund ihrer fachlichen Kompetenz und der Kenntnisse der Strukturen vor Ort die Experten, um die Erfolge und den Optimierungsbedarf in den Modellprojekten selbst zu beurteilen. Entsprechend entwickeln die Akteure in den Modellprojekten auf die jeweiligen Projekte zugeschnittene Instrumente zur Selbstevaluation. Die wissenschaftliche Begleitforschung unterstützt die Modellprojekte bei der Konzeption der Selbstevaluation. Für alle Modellprojekte muss ein Bezug zwischen den Projektzielen und quantitativ messbaren Indikatoren hergestellt werden. Hierzu werden die Akteure in den Modellprojekten mit den notwendigen Methodenkompetenzen zur Zielentwicklung und Zielformulierung ausgestattet.

Erste Erkenntnisse zu Erfolgsfaktoren des Netzwerkaufbaus

Aus Sicht der Evaluation wurde die Phase der Zielentwicklung in dem Modellvorhaben inzwischen erfolgreich abgeschlossen und damit die Basis für eine summative Evaluation geschaffen. Eine Reihe von Maßnahmen wurde bereits durchgeführt und entsprechende Ziele

wurden erreicht. Erste Ergebnisse wurden auf dem Jugendhilfetag im Juni 2008 in Essen präsentiert.

Auch für den Aufbau einer Organisations- und Gremienstruktur zur Steuerung des Netzwerkes „Frühe Förderung" nach modernen Governance-Prinzipien gibt es an den meisten Modellstandorten konkrete Konzeptionen, die bereits in der Umsetzung sind. Es wurden schon erste Erfahrungen und Erkenntnisse dokumentiert – etwa was beim Aufbau von Netzwerken der frühen Förderung zu berücksichtigen ist oder welche Erfolgsfaktoren für den Netzwerkaufbau unabdingbar und welche Fallstricke zu beachten sind.

In den Interviews mit den Projektkoordinatoren der sechs Modellkommunen wurde nach den Erfolgsbedingungen und Hemmnissen beim Aufbau von lokalen Netzwerken gefragt. Trotz der Unterschiedlichkeit der Rahmenbedingungen und Aufgabenstellungen der sechs Modellvorhaben lassen sich einige Gemeinsamkeiten und Tendenzen zu Erfolgsbedingungen und Hemmnissen bei der Netzwerkentwicklung ableiten.

- Ein Netzwerk braucht Koordinatoren
  Eine Grundvoraussetzung ist eine Koordination, die die Vernetzung verantwortlich strukturiert, die Aufgabe eines Promotors übernimmt und kontinuierlich Informationen unter den beteiligten Akteuren gibt. Dies bedeutet auch, dass dafür ausreichende personelle Ressourcen zur Verfügung stehen müssen. In allen Modellkommunen haben die Koordinatoren/innen zumindest teilweise eine Freistellung für diese Aufgaben erhalten, oder die Vernetzungsfunktionen zählen explizit zu ihrem Aufgabengebiet. Der Erfolg der Koordinationsfunktion hängt auch von einer gewissen Beharrlichkeit ab, die Netzwerkarbeit gegen Widerstände fortzusetzen, sich kontinuierlich um Akteure mit mangelndem Interesse zu kümmern und permanent die Netzwerkakteure zu motivieren.

- Top-Down- und Bottom-Up-Strategien sind notwendig
  Konzeptionell ist das „Netzwerk Frühe Förderung" als ein Top-Down-Ansatz angelegt. Das Projekt wurde von der kommunalen Verwaltung initiiert und die Jugendhilfeplanung mit der Durchführung beauftragt. Dies wird überwiegend positiv gesehen, auch wenn einzelne Netzwerkakteure zunächst mit Zurückhaltung oder Skepsis reagiert haben. Im Projektverlauf nahmen die Bottom-Up-Elemente teilweise zu, so dass die Initiative zwar von „oben" ausgegangen ist, aber das Netzwerk von den Akteuren vor Ort „von unten her" getragen wird. Entsprechend sind für den Netzwerkaufbau sowohl die Steuerungsebene als auch die operative Netzwerkebene einzubeziehen.

- Alle Stakeholder müssen eingebunden werden
  Die Modellkommunen haben die Erfahrung gemacht, dass alle von dem Thema betroffenen Akteure eingebunden werden sollten. Das heißt nicht, dass alle Akteure miteinander neu vernetzt werden müssen, sondern dass Vernetzungslücken erkannt und geschlossen werden sollten. Von großer Bedeutung ist auch die Einbindung der Amtsleitung des Jugendamtes, der zuständigen Dezernenten sowie der politischen Gremien. Ohne deren Rückendeckung hat das Netzwerk keine Legitimation und Durchsetzungskraft, da ihm die Machtbasis fehlt. Als Abbruchkriterium wurde in Einzelfällen die Akzeptanz bei den Eltern und der Bevölkerung genannt. Das Herbeiführen eines Konsenses und Beschlusses auf der politischen Ebene ist essentiell. Dieser Beschluss kann die Aufnahme ins strategische Programm der Stadt oder die Installation einer kommunalen Strategie zur „Frühen Förderung" sein.

- Persönliche Netzwerke der Koordinator/innen sind entscheidend
  Für die Aktivierung des Netzwerkes haben viele Koordinator/innen auf ein professionelles Netzwerk zurückgegriffen, das über persönliche Kontakte in der Zusammenarbeit im Laufe der vergangenen Jahre entstanden ist. Entsprechend ist bei personellem Wechsel der Koordinator/innen eine frühzeitige Nachfolgeregelung inklusive einer Übergabezeit zur Einführung des/r Nachfolger/in eine zwingende Voraussetzung, um die Kontinuität der Arbeit und die Erfolgsaussicht des Projektes zu sicherzustellen.

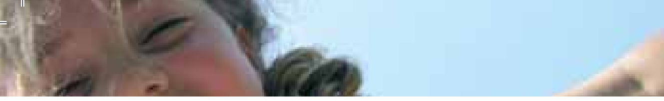
- Das Netzwerk wird durch Dialog aufrecht erhalten
  Neben Arbeitsgruppen- und Gremientreffen konstituiert sich das Netzwerk über persönlichen Kontakt. Dialogische Kompetenzen, persönliche Sympathie und verbindliche persönliche Kontakte werden hier als wichtige Kompetenzen benannt.

- Eine gemeinsame Geschichte und Identifikation mit dem Netzwerk sind hilfreich
  In vielen Kommunen und Regionen blicken die Akteure auf eine gemeinsame Geschichte zurück, die durch die persönliche Bekanntschaft der Akteure und gemeinsame Werte und Ziele der sozialen Arbeit getragen wird. Diese Kultur der Kooperation trägt zum Entstehen der Identifikation mit dem Netzwerk bei und erleichtert so die konzertierte Durchsetzung von inhaltlichen Zielen.

- Ein Netzwerk braucht Visionen
  Nicht nur klare Zielvorstellungen ermöglichen effektive Kooperationen, auch Visionen und Leitbilder sind erforderlich, um Teilnahmebereitschaft und Motivation zu erhalten.

- Veranstaltungen haben Symbolcharakter als kurzfristige Erfolgsereignisse
  Die Arbeit, die im Rahmen der Modellvorhaben „Netzwerk Frühe Förderung" erfolgt, war vorher zum Teil bereits Aufgabe der Jugendhilfeplanung. Ein Aufmerksamkeitserfolg und Anerkennung der Arbeit ist der Projektcharakter und die finanzielle Unterstützung durch das Landesjugendamt. Dieser Symbolcharakter wird auch durch Veranstaltungen mit den lokalen Akteuren unterstützt. Veranstaltungen werden einerseits als außenwirksame Erfolge einer eher verborgen wirkenden Koordination wahrgenommen. Andererseits bietet sich auf Veranstaltungen die Möglichkeit eine Verständigung über gemeinsame Positionen und Ziele herzustellen und ein Bewusstsein als Netzwerk zu kreieren. Von den Modellkommunen werden die Veranstaltungsereignisse als Meilensteine bei der Netzwerkentwicklung hervorgehoben.

- Best Practices sind Vorbild und Motivation
  Erfolgreiche Beispiele für Vernetzung oder die Installation einer Präventionskette wirken motivierend und sind eine Argumentationshilfe für die Überzeugungsarbeit bei den verschiedenen Akteuren. Im NeFF-Projekt hat die Stadt Dormagen diese Funktion



als Best Practice wahrgenommen, da es inzwischen als positives Beispiel bundesweit bekannt ist.

- Vom Stadtteil in die Stadt
  In einigen Modellstandorten stellte sich heraus, dass die Beschränkung des Modellvorhabens und der Aufbau eines Netzwerkes in einem Stadtteil nicht zweckmäßig sind. In den Stadtteilen fehlen teilweise die Ressourcen und es finden sich nicht genügend Akteure für die Netzwerkbildung. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, ein stadtteilübergreifendes, stadtweit orientiertes Netzwerk zu initiieren. Die im Stadtteil erarbeiteten Konzepte und Ergebnisse können auf die Gesamtstadt übertragen werden.



Abstract
Am Modellvorhaben „Netzwerk Frühe Förderung" des Landesjugendamtes Rheinland beteiligen sich sechs Kommunen aus dem Rheinland. Unter der Steuerungsverantwortung des öffentlichen Jugendhilfeträgers wird ein System der frühen Förderung von Kindern und Familien aufgebaut, in das alle relevanten Institutionen und Einrichtungen der Jugendhilfe und des Gesundheitswesens einbezogen werden. Das Ziel des Zusammenwirkens: frühe Präventions- und Interventionsmöglichkeiten für Kinder zu entwickeln, um Armutsfolgen zu verhindern. Die Ergebnisse und Wirkungen des Projekts sowie der jeweiligen Modellprojekte werden im Rahmen einer Evaluation aus- und bewertet. Die Kommunen werden bei der Selbstevaluation ihrer Modellprojekte begleitet.

Projektleitung
Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit
herbert.schubert@fh-koeln.de

Projektbeteiligte
Holger Spieckermann M.A.

Projektlaufzeit
Juni 2006 bis April 2009

Projekt- / Kooperationspartner
Landschaftsverband Rheinland, Landesjugendamt
Stadt Dormagen, Stadt Mönchengladbach, Stadt Pulheim, Stadt Velbert, Stadt Wiehl, Rheinisch-Bergischer Kreis



CLUSTER 2

MESSEN, KOMMUNIKATION, DESIGN



Interkulturelle Aspekte von Webseiten

Abstract

Webseiten enthalten aufgrund Ihrer Gestaltungstypik kulturelle Signale, die für die die Akzeptanz und den Marketing-Erfolg der jeweiligen Produkte von entscheidender Bedeutung sein können. In dem Forschungsprojekt geht es darum, die kulturellen Gehalte von Webseiten internationaler Unternehmen anhand struktureller und motivischer Parameter zu untersuchen und zu sehen, wie der kulturelle Kontrast zwischen dem Ursprungsland von Produkten/Firmen und dem Ziel-Markt gestaltet wird, d.h. wie interkulturelle Brücken gebaut werden. Weitere Reihenuntersuchungen zur Kulturspezifik von Webseiten sowohl von Firmen als auch von Produkttypen und Ländern sind geplant.

Projektleitung

Prof. Dr. Lothar Černý, M.A.
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation
lothar.cerny@fh-koeln.de

Webseiten sind seit einigen Jahren zu einem Forschungsgegenstand geworden, in erster Linie in den Wirtschaftswissenschaften. Dabei werden die kulturellen Aspekte zwar tangiert, stehen aber weniger im Zentrum als vor allem Gesichtspunkte des Marketings. Keine Berücksichtigung finden vor allem die semiotischen und sprachlichen Aspekte, die sich beim Design von Webseiten als einstellen, aber nicht als Problem erkannt werden.

Zielsetzung

Es wird untersucht, welche semiotischen Kanäle bei der kulturellen Adaption bzw. Internationalisierung von Webseiten involviert sind und welche Strategien von den Firmen dafür eingesetzt werden. Im Vordergrund steht die umgreifende Frage, wie kulturabhängig die Zeichensysteme und Codes auf den untersuchten Webseiten sind. Es geht insbesondere um vier Fragestellungen :

- Welche Zeichen, d.h. welche Bilder, Symbole, Farben, Layout, Anordnungsmuster werden eingesetzt. Welche kulturellen Wahrnehmungsunterschiede sind daraus ableitbar?
- Welche handlungsbestimmenden Normen sind im Appell der Webseiten an die User erkennbar. Sind die Erwartungshaltungen kulturell bestimmt?
- Wie sehen die syntagmatischen Verknüpfungen der Zeichen und Symbole aus, in denen sich die kulturellen Normen manifestieren? Folgen auch sie kulturell vorgegebenen Regeln?
- Welche Rolle spielt die Sprache bei der internationalen und kulturellen Anpassung von Webseiten, zumal die Sprache auch ein bestimmtes kognitiv-kulturelles System repräsentiert?

Vorgehensweise

Zunächst wurden Webseiten internationaler Konzerne untersucht, welche die Bandbreite kultureller Divergenzen spiegeln konnten, u.a. Webauftritte in der Schweiz, in Frankreich, Deutschland, den USA, China und Japan. Auf induktive Weise wurden die Kommunikationskanäle, Zeichencodes und die zugrundeliegenden Normensysteme herausgearbeitet. Es ging also darum, sich nicht von vorgegebenen kulturanalytischen Modellen leiten zu lassen, sondern darum die konzeptuellen und kulturellen Muster der Seiten durch semiotische Analysen zu erkennen.
Untersucht wurden zunächst folgende Eigenschaften der Seiten: die formale Architektur, der inhaltliche Aufbau, die Bildmotive, die Farbschemata, die Verwendung des Englischen im Verhältnis zur Nationalsprache.

Ergebnisse

Die Resultate der bisherigen Arbeiten lassen den Schluss zu, dass die Befunde, die Hofstede auf der Basis seiner fünf Kultur-Dimensionen geliefert hat, zumindest modifiziert werden müssen. In vieler Hinsicht weicht das Bild, das die Webseitenanalyse liefert, von dem ab, was nach Hofstedes Indizes zu erwarten gewesen wäre. Offenbar haben sich seit der Datenaufnahme von Hofstede kulturelle Veränderungen in einigen dieser Länder ergeben.
Als besonders relevante Indikatoren erwiesen sich die Architektur und Hypertextstruktur von Webseiten. Neben den Themen und Produktpräsentationen sind die Indizien für den informationstechnologischen Stand der Nutzer aufschlussreich für kulturelle Veränderungen (Gender-Thematik, Kindernutzung von Webseiten, gegenseitige west-östliche Einflüsse).
Webseiten bleiben trotz Globalisierung kultursensibel.

Lothar Černý

CrissCross und RESEDA

Die Projekte CrissCross und RESEDA befassen sich mit der Entwicklung internationaler, verteilter Systeme zur Wissensrepräsentation und zielen auf die Verbesserung der semantischen Interoperabilität dieser Systeme für Zwecke der inhaltlichen Erschließung und des Information Retrieval.

Während in RESEDA vor allem der Ausbau der theoretischen Grundlagen und die Entwicklung allgemeiner Repräsentationsmodelle im Mittelpunkt stehen, werden in CrissCross mit der Schlagwortnormdatei (SWD) und der Dewey-Dezimalklassifikation zwei bereits voll entwickelte und eigenständige Dokumentationssprachen miteinander verbunden, um beide Wissensstrukturen für das Information Retrieval zu nutzen.

CrissCross
In CrissCross werden den Sachschlagwörtern der Schlagwortnormdatei (SWD) Notationen der Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) zugeordnet. Mit der Anbindung des Vokabulars an die DDC besteht eine klare Verknüpfungsrichtung, durch die das Mapping weiterer Dokumentationssprachen sowie der Wechsel zwischen unterschiedlichen lokalisierten Strukturen über das gemeinsame „Rückgrat" der DDC möglich sein wird. Kooperationspartner der Fachhochschule Köln für dieses von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt ist die Deutsche Nationalbibliothek (DNB). Für das Mapping und die Entwicklung theoretischer Grundlagen zuständig sind die Projektmitarbeiter der Fachhochschule Köln (FH), die in fachlichen Fragen von den Fachreferenten der Deutschen Nationalbibliothek unterstützt werden. Die Verknüpfung erfolgt direkt im SWD-Datensatz. Als Ausgangspunkt für die Verknüpfung dienen die SWD-Sachgruppen.

Das Mapping erfolgt so spezifisch wie möglich (Deep-Level-Mapping). Es wird jeweils die zutreffendste DDC-Notation zugewiesen, und wenn nötig, wird entsprechend den DDC-Syntheseanweisungen eine institutionelle synthetische DDC-Notation erstellt, die den Bedeutungsumfang des Schlagworts am besten repräsentiert. Aufgrund der referentiellen Polysemie der Schlagwörter wurde die Möglichkeit eingeräumt, einem Schlagwort mehrere DDC-Klassen zuzuordnen (One-to-Many-Mapping). Da die Bedeutungsumfänge von Schlagwort und DDC-Klasse nur selten exakt aufeinander abgebildet werden können, wurden in CrissCross vier „Determiniertheitsgrade" eingeführt, die die Stärke der Beziehung zwischen SWD-Schlagwort und DDC-Klasse in numerischer Form wiedergeben. Die Verknüpfungen führen zu einem höheren Grad an Strukturiertheit der SWD. Die Daten sind in das Klassifizierungstool MelvilClass integriert und ermöglichen dort einen erweiterten Zugriff auf die DDC-Klassen. In zukünftigen Retrievalszenarien sollen die Determiniertheitsgrade sowohl für ein Ranking der Treffer als auch zur Steuerung von Recall und Precision der Treffermengen genutzt werden können. Bisher wurden 55.000 Schlagwörter bearbeitet und diesen 90.000 Notationen zugeordnet.

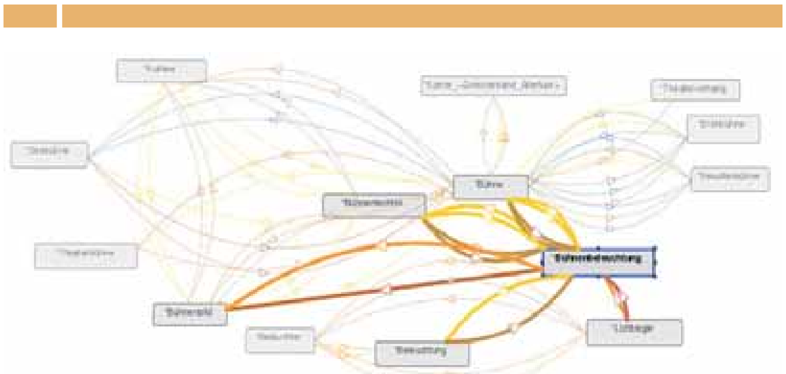


Abb. 1: Semantische Relationen in Begriffsräumen

RESEDA
Ziel von RESEDA ist die Entwicklung theoretischer und datentechnischer Repräsentationsmodelle für begriffliche Daten und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen zur adäquaten Modellierung sprachlichen Wissens.
Im Zentrum stehen hierbei die Vertiefung der theoretischen Grundlagen sowie die Entwicklung einer allgemeinen Theorie der Semantik, welche die Entstehung, Gestaltung und Verwendung semantischer Relationen und deren Zusammenfassung in strukturierten Inventaren behandelt.
Untersucht werden mögliche Gestaltungs- und Modellierungsstrategien für differenzierte semantische Relationen, Aspekte der semantischen Interoperabilität und des Datenaustauschs zwischen unterschiedlichen Repräsentationsformen und zweckorientierten Anwendungen. Lokalisierungsaspekte ontologischer Wissensrepräsentation sowie Strategien begrifflicher Wissensexploration sollen mit Betonung der Anforderungen an Datenrepräsentation im Semantic Web vertieft analysiert werden. Sowohl für die Konstruktion und Entwicklung internationaler Systeme der Wissensrepräsentation als auch in Hinblick auf die qualitative Weiterentwicklung bereits bestehender Systeme sind aussagekräftige und standardisierte Repräsentationsformen zur Modellierung der Strukturen von entscheidender Bedeutung.

Konzepte und praxisnahe Implementierungen werden unter anderem für die Bereiche der Wissensrepräsentation, für Wörterbücher für Verfahren des automatischen Indexierens, begriffsorientierte (mehrsprachige) Terminologien, Ontologien und Wissensdatenbanken sowie Portale und Suchumgebungen im Internet mit sachlich-inhaltlichen Zugriffen entwickelt.

Entwicklung von Repräsentationsmodellen
RESEDA - und der daraus aufzubauende Forschungsschwerpunkt - sollen einen Beitrag zur Entwicklung von Repräsentationsmodellen leisten, die einerseits eine von proprietären Softwareumgebungen unabhängige Modellierung, andererseits die Darstellung und Nutzung semantischer Strukturen in verschiedenen Anwendungskontexten ermöglichen. Besonderer Wert soll dabei auf die Integration der verschiedenen Modelle und Anwendungswelten in einem verbindenden Konzept gelegt werden. Dieser interdisziplinäre Forschungsschwerpunkt soll als fachlich ausgewiesene Kompetenzplattform nach außen erscheinen und die Hochschule, das Institut und die beteiligten Wissenschaftler als kompetente Partner



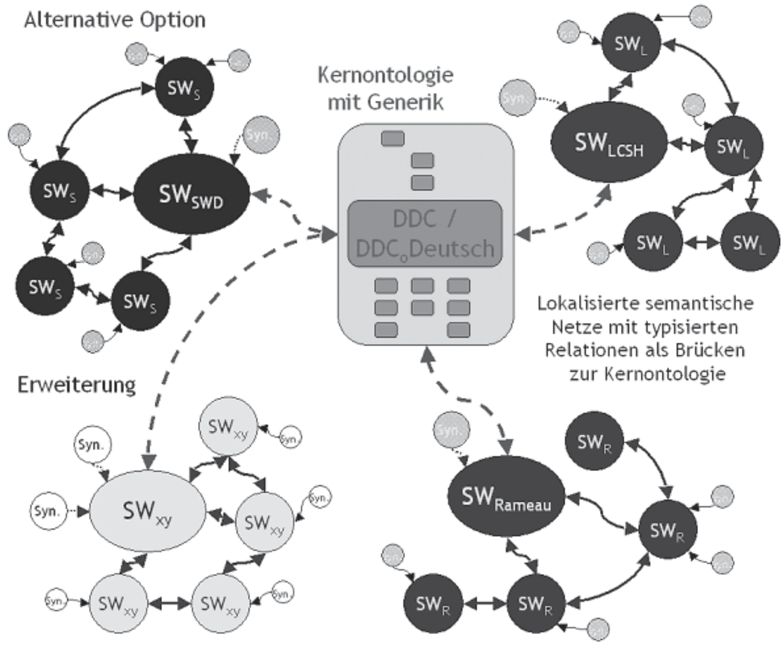


Abb. 2: Kernontologie mit lokalisierten Systemen

Abstract
In CrissCross werden den Sachschlagwörtern der Schlagwortnormdatei (SWD) Notationen der Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) zugeordnet. Mit der Anbindung des Vokabulars an die DDC besteht eine klare Verknüpfungsrichtung, durch die das Mapping weiterer Dokumentationssprachen sowie der Wechsel zwischen unterschiedlichen lokalisierten Strukturen über das gemeinsame „Rückgrat" der DDC möglich sein wird. Ziel von RESEDA ist die Entwicklung theoretischer und datentechnischer Repräsentationsmodelle für begriffliche Daten und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen zur adäquaten Modellierung sprachlichen Wissens.

Projektleitung
Prof. Dipl.-Math. Winfried Gödert
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationsmanagement (IIM)
winfried.goedert@fh-koeln.de

Projektbeteiligte
CrissCross: Jessica Hubrich M.A., M.L.I.S.
Dipl.-Bibl. Jan-Helge Jacobs
Dipl.-Übers. Tina Mengel
Dipl.-Bibl. Katrin Müller
RESEDA: Felix Boteram Dipl.-Bibl. (FH)

für industrienahe und öffentlich geförderte Forschungsprojekte bekannt und attraktiv machen. Die enge Zusammenarbeit mit anderen Forschungsstellen und Informationseinrichtungen wie der Deutschen Nationalbibliothek oder dem Informationszentrum des GESIS in Bonn unterstützen den fachlichen Austausch, die gemeinsame Nutzung von Primärdaten und die Diskussion von Forschungsergebnissen und Erkenntnissen. Sie erleichtert auch den Rückfluss der in der Forschung erzielten Ergebnisse sowie die Implementierung neuer Modelle.

Die Projekte CrissCross und RESEDA treffen sich in der gemeinsamen Entwicklung eines Modells zur Konstruktion eines umfassenden, universalen und internationalen Systems der Wissensorganisation, welches strukturell und typologisch unterschiedliche Systeme miteinander verbindet. Dabei wird die semantische Interoperabiblität durch die Verknüpfung aller beteiligter Systeme mit einem zentralen internationalisierten Kernsystem erreicht, das Anknüpfungspunkte für zahlreiche heterogene Systeme bietet. Dieses ist als eine vereinfachte in ihrer Komplexität reduzierte Generik und somit als eine unter funktionalen Gesichtspunkten sprachunabhängige hierarchische klassifikatorische Struktur angelegt.

Bei der Konzeption dieses Modells finden sowohl die auf den Bereich der Wissensorganisation übertragenen Strategien der Internationalisierung und der Lokalisierung als auch Gestaltungsstrategien, die sich erweiterte Modellierungsmöglichkeiten aus dem Bereich semantischer Technologien zur Anreicherung bestehender Dokumentationssprachen zu Nutze machen, eine eng verzahnte Anwendung. Dies führt zu einer deutlichen Steigerung der semantischen Expressivität und Interoperabilität aller beteiligten Systeme.

Winfried Gödert

Weiterführende Links:
http://linux2.fbi.fh-koeln.de/drisscross
http://www.f03.fh-koeln.de/fakultaet/iim/forschungsprojekte/aktuelle

Textsortenbezogene linguistische Untersuchungen zum Einsatz von Translation-Memory-Systemen

Translation-Memory-Systeme sind Software-Werkzeuge zur computergestützten Übersetzung (engl. Computer-Aided Translation Tools, kurz: CAT-Tools), die vorzugsweise dann zum Einsatz kommen, wenn Texte mit einem relativ hohen Anteil an wiederkehrenden Passagen übersetzt werden sollen. Das Grundprinzip dieser Systeme besteht darin, dass sie u.a. Textverarbeitung, Terminologieverwaltung und einen so genannten Übersetzungsspeicher (das eigentliche Translation Memory) integrieren. Der Übersetzungsspeicher ist ein mehrsprachiges Text- bzw. Satzarchiv, in dem ausgangssprachliche Textsegmente und die ihnen entsprechenden zielsprachlichen Segmente miteinander verknüpft und als Segmentpaare abgelegt werden. Bei späteren Übersetzungsvorgängen dient der Inhalt des Speichers dann als Referenzmaterial. Über den Abgleich zwischen Segmenten des Ausgangstextes mit identischen oder ähnlichen Textsegmenten des Referenzmaterials und den gleichzeitigen Zugriff auf eingebundene Terminologiedatenbanken sowie auf Kontextinformationen können Translation-Memory-Systeme so zu einer erheblichen Rationalisierung des Übersetzungsprozesses führen. Dies kann zum einen eine signifikante Produktivitätssteigerung ermöglichen, zum anderen aber auch eine Erhöhung der Übersetzungsqualität (u.a. Verbesserung der terminologischen Konsistenz, inhaltliche und fachstilistische Qualitätssicherung, Überprüfung der Übersetzung auf Vollständigkeit). Aus größeren Übersetzungsprojekten, aber auch aus der Arbeit in großen und kleineren Übersetzungsbüros sind diese Systeme deshalb heute nicht mehr wegzudenken.

Die Effizienz integrierter Übersetzungssysteme hängt von system- und personenbezogenen Parametern (linguistische Leistungsfähigkeit des Systems, Arbeitsstil des Übersetzers) und insbesondere von textbezogenen Faktoren ab. Textbezogene Faktoren mit entscheidendem Einfluss auf die Produktivität sind die terminologische und stilistische Konsistenz der Ausgangstexte und vor allem die Häufigkeit, mit der sich Sätze, Teilsätze und längere Syntagmen innerhalb des zu übersetzenden Textes wiederholen (Grad der textinternen Rekurrenz) oder bereits im Referenzmaterial vorhanden sind (Grad der textexternen oder intertextuellen Rekurrenz).

Produktivitätsbestimmend ist neben dem quantitativen Parameter des Rekurrenzgrades aber auch die inhaltliche Frage, in welchem Maße ein im Speicher aufgefundenes Segment dem Informationsbedürfnis des Übersetzers Rechnung trägt (Retrieval-Relevanz). Das qualitative Kriterium der Relevanz muss zwar keineswegs mit dem Grad der formalen Übereinstimmung korrelieren, bestimmt aber den Formulierungs- bzw. Rekontextualisierungsaufwand des Übersetzers.

Sowohl die Rekurrenzquoten als auch die Relevanz der Retrievals sind in hohem Maße textsortenabhängig. Dennoch liegen bislang nur wenige textsortenspezifische Untersuchungen vor, die der Frage nach der Effizienz von Translation-Memory-Systemen durch die Analyse textsortentypischer linguistischer Parameter nachgehen.

Ziele des Forschungsprojekts

Das Forschungsprojekt zielte darauf ab, durch linguistische Untersuchungen an deutsch- und spanischsprachigen Patentschriften zu verallgemeinerbaren Aussagen in Bezug auf den Zusammenhang zwischen linguistischen Textsortenmerkmalen und dem Einsatznutzen integrierter Translation-Memory-Systeme zu gelangen. Das Projekt bewegt sich somit im Schnittfeld von intra- und interlingual orientierter korpusbasierter Fachsprachenlinguistik einerseits und terminologiewissenschaftlichen sowie sprachtechnologischen Fragestellungen andererseits.

Ausgehend von der allgemeinen Frage, ob der Einsatz von Translation-Memory-Systemen bei der Übersetzung von Patentschriften aus linguistischer und praktischer Sicht generell sinnvoll ist, wurde für das Sprachenpaar Spanisch/Deutsch an einem umfangreichen Textkorpus untersucht, inwieweit sich textsortenimmanente linguistische Strukturen mit Auswirkung auf die Effizienz von Translation Memories nachweisen lassen. Zu fragen war dabei nicht nur nach dem Wiederholungsfaktor der Texte, sondern auch nach textsortenbezogenen Parametern, die sich auf die Relevanz der Retrieval-Ergebnisse auswirken können. In zweiter Linie war die Frage zu klären, ob und wie es möglich ist, durch eine textsortengerechte Konfiguration die Einsatzbedingungen der Programme zu optimieren und auf diese Weise zusätzliche Produktivitätssteigerungen und/oder Qualitätsverbesserungen zu erzielen. Schließlich sollten am Beispiel der verwendeten Software auch mögliche Defizite kommerzieller Programme aufgezeigt und Desiderate an die Software-Entwicklung abgeleitet werden.

Die skizzierte Fragestellung fällt in ein noch weitgehend unbetretenes Forschungsfeld, da die bisher vorliegenden linguistischen Studien zur Textsorte Patentschrift entweder einzelsprachlich ausgerichtet oder aber auf andere Sprachenpaare spezialisiert waren. Gänzlich neu ist die linguistische Analyse der Textsorte mit Blick auf die Parameter des Nutzens einer integrierten Übersetzungsumgebung. Die Praxisbezogenheit des Projektes resultiert nicht zuletzt aus dem Umstand, dass Patentschriften zwar eine Textsorte mit hohem Übersetzungsvolumen darstellen, aber trotz des hohen Grades ihrer sprachlichen Standardisierung nicht zu den typischen Einsatzgebieten von CAT-Tools zählen. Für den Übersetzungsmarkt ist das Projektthema daher auch von wirtschaftlichem Interesse, zumal sich die Verfügbarkeit maschinenlesbarer Ausgangstexte in der jüngsten Vergangenheit erheblich verbessert hat.

Forschungsansatz

Methodische Grundlage des Forschungsprojektes war die korpusbasierte Erfassung, Kategorisierung und Auswertung textsortentypischer linguistischer Merkmale, die im Übersetzungsprozess für die Retrieval-Leistung und die Effizienz von Translation-Memory-Systemen bestimmend sind. Das zweisprachige, nach den Erfordernissen der Fragestellung ausgewählte Korpus bestand dabei aus 60 vollständigen Textexemplaren der Textsorte Patentschrift und diente sowohl der Registrierung textinterner und textexterner Rekurrenzen als auch der Bewertung ihrer Retrieval-Relevanz anhand exemplarischer Satzinhaltsanalysen, wobei hier auch überset-



zungsmethodische Fragen mit Blick auf die besonderen Bedingungen der Textsorte zu berücksichtigen waren.

Die Analyse erfolgte aus der Perspektive einer integrierten Übersetzungsumgebung in Form eines Translation-Memory-Systems mit der Möglichkeit der Konkordanzsuche unterhalb der Satzgrenze und eingebundener terminologisch-phraseographischer bzw. textographischer Datenbank, um so auch textsortentypische Rekurrenzen unterhalb der Satzgrenze im Ergebnis berücksichtigen zu können. Dabei galt es auch die Ergebnisse der neueren fachsprachenbezogenen Phraseologieforschung für die intralinguale Analyse fruchtbar zu machen und zugleich auf interlinguale Fragestellungen anzuwenden.

Die Korpusanalyse umfasste drei Ebenen:

- Linguistische Analyse nach dem Aspekt textsortentypischer textinterner Rekurrenzen auf Satz- und Teilsatzebene sowie auf der Ebene komplexer Syntagmen
- Linguistische Analyse nach dem Aspekt textsortentypischer intertextueller Rekurrenzen auf Satz- und Teilsatzebene
- Linguistische Analyse nach dem Aspekt textinterner und textexterner Rekurrenzen in Form sich wiederholender bzw. funktional korrespondierender textsortentypischer Formulierungsmuster und textsortentypischer fachsprachlicher Phraseologismen unterhalb der Satzebene (i.e. referentiell-nominativer Phraseologismen, struktureller Phraseologismen und kommunikativer Phraseologismen inkl. textkommentierender Formeln und textdeiktischer Verweis- und Bezugsformeln)

Das Gesamtkorpus bestand aus 60 ungekürzten (jeweils 30 spanischsprachigen und 30 deutschsprachigen) Patentschriften mit insgesamt 5.250 Sätzen und 220.000 Wörtern und umfasste inhaltlich ein breites Spektrum von Fachgebieten (Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Metallverarbeitung, Kunststofftechnik, Medizintechnik, Medizin und Chemie). Die Themenabhängigkeit der Ergebnisse wurde so auch formal weitgehend ausgeschlossen. Jeweils fünf Patentschriften stammten von derselben Anwaltskanzlei, so dass vor allem mit Blick auf die Analyse intertextueller Rekurrenzen das für den Berufsübersetzer relevante Phänomen möglicher Formulierungspräferenzen wiederkehrender Auftraggeber im Korpus abgebildet wurde. In das Korpus aufgenommen wurden ausschließlich Originaltexte. Die Erfassung übersetzungstypischer sprachlicher Stereotype, wie sie sich insbesondere bei Übersetzungen europäischer Patentschriften herausgebildet haben, wurde somit ausgeschlossen. Andererseits erschien es gerade wegen des sprachprägenden Einflusses der Europapatente und ihrer Übersetzungen wichtig, insbesondere im Bereich der textsortentypischen Phraseologismen einen möglichst aktuellen Sprachstand abzubilden. Aus diesem Grunde wurden nur nach dem Jahr 2000 entstandene Texte in das Korpus aufgenommen.

Das für die empirischen Untersuchungen herangezogene Translation-Memory-Werkzeug war die ***Translator's Workbench*** der Fa. Trados (Version 7.0.0).

Ergebnisse

Eine Übersicht über die Analyseergebnisse wird in Kürze veröffentlicht.[1]

Schlussfolgerungen

Obgleich die Möglichkeiten von Übersetzungswerkzeugen bei der Übersetzung von Patentschriften bislang nicht in signifikantem Umfang genutzt werden, erscheint die Arbeit mit einem Translation-Memory-System sowohl aus linguistischer als auch aus praktischer Sicht sinnvoll.

Aus linguistischer Sicht trifft dies insofern zu, als in beiden Sprachkorpora eine Vielzahl textsortenimmanenter Wiederholungen und Ähnlichkeiten nachzuweisen waren, die im Falle der textinternen Rekurrenz vor allem dem hohen Grad der juristischen Normierung und makrostrukturellen Standardisierung von Patentschriften und den daraus resultierenden textsortentypischen Redundanzen auf Satz- und Teilsatzebene zu verdanken sind und im Falle der textexternen Rekurrenzen insbesondere aus der mikrostrukturellen Stereotypisierung der Textsorte resultierten, die der Korpusuntersuchung zufolge in einem hohen Anteil textsortenspezifischer Routineformeln und Formulierungsmuster zum Ausdruck kommt.

Was den Parameter der Retrieval-Relevanz betrifft, so war die Verwertbarkeit der nachgewiesenen Rekurrenzen insgesamt hoch und - textsortenbedingt - in vielen Fällen höher, als der Grad der formalen Übereinstimmung es vermuten ließ. Gründe hierfür sind insbesondere die in hohem Maße standardisierten Textablauf- und Argumentationsstrukturen der Textsorte, die daraus resultierende Herausbildung typischer Rekurrenzmuster und die feste makrostrukturelle Lokalisierung stereotyper Gliederungssignale und anderer Formulierungsstereotype. Auch legen die durchgeführten vergleichenden Satzinhaltsanalysen den Schluss nahe, dass in Patentschriften viele Typen potentieller Mehrdeutigkeit wegen der fachsprachlichen, strukturellen und argumentativen Merkmale der Textsorte nicht oder nur äußerst selten auftreten.

Aus linguistischer Sicht sinnvoll ist der Einsatz eines integrierten Übersetzungssystems mit Konkordanzsuchefunktion, weil die Einbindung terminologischer oder phraseo- bzw. textographischer Datenbanken sowohl die Erkennung textsortenspezifischer Phraseologismen und Formulierungsmuster als auch die terminologische Konsistenz der Zieltexte verbessern kann und weil längere, von den Erkennungsalgorithmen marktüblicher Translation-Memory-Systeme nicht identifizierbare Rekurrenzen unterhalb der Satzebene für die Textsorte Patentschrift besonders typisch sind, so dass auch die Verwendung der Konkordanzsuchefunktion gängiger Translation-Memory-Systeme erhebliche Produktivitätsvorteile bringen kann.

Im Hinblick auf die Retrieval-Leistung ist zwar die funktionsbedingt hohe Qualität der Ausgangstexte (geringe Häufigkeit stilistischer Variationen und terminologischer Inkonsistenzen) ein erkennbarer Vorteil; nachteilig wirkt sich allerdings auch bei dieser Textsorte der Umstand aus, dass die Erkennungsalgorithmen kommerziell vertriebener Translation-Memory-Systeme derzeit in der Regel weder die Identifikation von Satzfragmenten noch eine satzübergreifende Erkennung ermöglichen. Wie die Korpusanalyse gezeigt hat, resultieren Retrieval-Schwierigkeiten bei Patentschriften deutlich seltener aus morphosyntaktischen Modifikationen als aus stark variierenden Segmentlängen. Soweit das verwendete Translation-Memory-Programm es ermöglicht, kann die Retrieval-Leistung durch die textsortengerechte

[1] Härtinger, H. „Textsortenbezogene linguistische Untersuchungen zum Einsatz von Translation-Memory-Systemen an einem Korpus deutscher und spanischer Patentschriften", erscheint in: LDV-Forum (Zeitschrift für Computerlinguistik und Sprachtechnologie) 1/2009.

Konfiguration der Segmentierungsparameter allerdings in beschränktem Umfang beeinflusst werden.

Die Arbeit mit einer integrierten CAT-Umgebung ist bei der Übersetzung von Patentschriften auch aus praktischer Sicht empfehlenswert, da wegen der juristischen Implikationen der Textsorte (Definition des Schutzumfangs und drohende Haftungsfolgen von Übersetzungsfehlern) auf formaler und inhaltlicher Ebene mit äußerster Akribie übersetzt werden muss. Die kognitive Entlastung, die der Einsatz integrierter Translation-Memory-Systeme zum Beispiel bei der Absicherung der terminologischen Konsistenz oder bei der identischen Reproduktion textintern rekurrierender Formulierungen bewirken kann, wird hier auch zu einem rechtlich und ökonomisch relevanten Qualitätssicherungsfaktor. Zu guter Letzt spricht für die Verwendung von CAT-Tools auch der Umstand, dass sich im Falle von Patentschriften die Verfügbarkeit maschinenlesbarer Ausgangstexte in den letzten Jahren erheblich verbessert hat, so dass die erzielbaren Produktivitätsvorteile nicht durch das Einscannen von PDF-Bilddateien und andere Pre-Editing-Arbeiten geschmälert werden.

Heribert Härtinger

Abstract

In der Übersetzungsindustrie kann der Einsatz kommerziell vertriebener Translation-Memory-Systeme auch dort objektiv sinnvoll sein, wo er in der Praxis bislang kaum praktiziert wird. Mit Hilfe einer umfangreichen textsorten- und sprachenpaarbezogenen Korpusuntersuchung konnte dies am Beispiel von Patentschriften aufgezeigt werden. Die Marktrelevanz des Projektes resultiert vor allem aus dem Umstand, dass Patentschriften zwar eine Textsorte mit großem Übersetzungsvolumen darstellen, aber trotz des hohen Grades ihrer sprachlichen Standardisierung bislang nicht zu den typischen Einsatzgebieten von CAT-Tools zählen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen Schwächen bestehender Übersetzungstechnologien und gleichzeitig konkrete Möglichkeiten zur Steigerung ihrer Effizienz auf und können so einen Anstoß für Entwickler und Anbieter solcher Programme darstellen.

Projektleitung

Prof. Dr. Heribert Härtinger
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation
heribert.haertinger@fh-koeln.de



Automatische Erschließung des digitalen Bildarchivs *prometheus*

Die formale und inhaltliche Erschließung von Bildern ist bislang nicht zufrieden stellend gelöst. Wenn Bildkollektionen unterschiedlicher Herkunft digitalisiert, erschlossen und zusammengeführt werden, dann stehen Sammlungen mit höchst unterschiedlichen Erschließungen nebeneinander, wobei die angewendete Erschließungsmethodik zusätzlich jeweils sammlungsspezifisch ausgebildet ist. Eine einheitliche thematische Suche ist dann nicht möglich. Benötigt wird ein Erschließungsansatz, der die Anforderungen an heutige Such- und Findinstrumente berücksichtigt.

Im Bildarchiv von ***prometheus***[1] sind derzeit über 540.000 Bilder aus 48 digitalen Bildsammlungen verschiedener kunst- und kulturhistorischer Institutionen unter einer Suchoberfläche recherchierbar. Ziel des vorliegenden Projekts ist es, für diese umfangreiche Bildkollektion ein Verfahren zur automatischen formalen Normierung und inhaltlichen Indexierung prototypisch zu realisieren. Entscheidend ist dabei, die aus der Zusammenführung zahlreicher unterschiedlicher Datenbanken (von Instituts-, über Forschungs-, bis hin zu Museumsdatenbanken) resultierende Heterogenität so weit zu reduzieren, dass einheitliche Recherchen über alle Bilddatenbanken erfolgreich möglich sind. Zudem wird in einem völlig neuen Ansatz versucht, die Bilder in ***prometheus*** mit kunstgeschichtlichen Fachtexten (z.B. aus der Webversion des „Reallexikons zur Deutschen Kunstgeschichte", RDK-Web[2]) zu verknüpfen und so das Bildmaterial mit zusätzlichen Erschließungsmerkmalen anzureichern.

Automatische Indexierung

Zur Erreichung der Projektziele war es nötig, umfangreiche terminologische Ressourcen für die Erschließung durch eine automatische Indexierung aufzubauen und mit dieser zahlreiche Indexierungsläufe durchzuführen und auszuwerten. Unter automatischer Indexierung wird hier die Fähigkeit verstanden, aus elektronisch vorliegenden textbasierten Dokumenten geeignete Indexterme für ein Information Retrieval zu extrahieren. Im Gegensatz zur reinen Volltextindexierung, bei der jede Zeichenkette als Indexterm verwendet wird, erfolgt während einer automatischen Indexierung eine linguistische und in Teilen auch semantische Überarbeitung der Terme, bevor diese in den Index geschrieben werden. Der Effekt einer automatischen Indexierung hinsichtlich des Retrievals liegt vor allem in einer signifikanten Erhöhung des Recalls, d.h. der Zahl der gefundenen relevanten Dokumente in der Suche. Bewirkt wird dies durch die sprachliche Zusammenführung grammatikalisch unterschiedlicher Wortformen im Dokumenttext. So verhindert etwa die Verschiedenheit von Singular- und Pluralformen von Substantiven eine einfache Suche nach allen Dokumenten mit entweder nur der Singular- oder nur der Pluralform eines bestimmten Substantivs: die Suche nach „Sprache" findet keine Dokumente mit dem Term „Sprachen" (und umgekehrt), darüber hinaus ebenfalls nicht die Dokumente mit „sprachlich", „Sprachphilosophie" oder „Fremdsprachen".[3]

Generierung eines Normdatenpools Werktitel und Künstlernamen

Für den Aufbau der umfangreichen Indexierungswörterbücher wurden die formalen Bildbeschreibungen in ***prometheus*** analysiert und die für die Bildidentifizierung relevanten Beschreibungskategorien extrahiert. Aus den bereits vorliegenden Terminologien ***prometheus***-Künstler-Normdatei (PKND)[4] und HiDA/MIDAS-Werktitelliste (Hierarchischer Dokument-Administrator/Marburger Inventarisations-, Dokumentations- und Administrationssystem[5]) wurde ein Normdatenpool generiert, der mit den extrahierten Beschreibungskategorien abgeglichen wurde. Auf diesem Wege konnten die noch unbekannten Werktitel bzw. Künstlernamen herausgefiltert werden, um sie dem Normdatenpool hinzuzufügen.

Aufbau von Indexierungswörterbüchern

Neben den Indexierungswörterbüchern aus dem RDK-Web-Projekt sind auf der Grundlage der terminologischen Ressourcen (Schlagwortnormdatei, Marburger Geographiedatei des DISKUS-Verbundes) weitere Indexierungswörterbücher aufgebaut und in die Indexierung eingebunden worden.

Damit Mehrwortterme und Synonyme für eine Indexierung genutzt werden können, d.h. in den zugrunde gelegten Bildbeschreibungen identifiziert werden, wurden die Mehrwortterme und Synonyme, die innerhalb der jeweiligen terminologischen Ressourcen liegen, extrahiert und in Indexierungswörterbücher geschrieben. Um die Anzahl der suchbaren Mehrwortbegriffe zu erhöhen, sind die aus den ***prometheus***-Datenbanken extrahierten Institutionen und Bauwerke als eigenständiges Wörterbuch eingebunden worden.

Mit der Umwandlung der vorliegenden Terminologien in Wörterbücher liegen die Voraussetzungen für eine maschinelle Verarbeitung der ***prometheus***-Bildkollektion mit dem Indexierungssystem ***lingo*** vor.

Indexierungssoftware

Die Open Source-Software ***lingo***[6] ist im Kern ein linguistisch basiertes Verfahren zur automatischen Indexierung textbasierter Quelldaten. Es ermöglicht neben dem Einsatz allgemeiner sprachspezifischer Wörterbücher für die korrekte Identifizierung von Textwörtern auch den Rückgriff auf spezielle Wortschätze in semantischer Strukturierung (Thesauri). Aufgrund seiner transparenten Grundstruktur begünstigt ***lingo*** das Einbinden neuer Wörterbücher und eine individuelle Anpassung der Konfigurationen sowie ein schnelles Umstellen der Indexierungsparameter (Suffixlisten, Wörterbücher).

Automatische Indexierung der *prometheus*-Bilddaten

Für linguistisch basierte Indexierungsverfahren werden Wörterbücher (Einzelterm-, Mehrwortterm- und Synonymwörterbücher) und Suffixlisten benötigt, um Grundformen zu ermitteln, Komposita zu zerlegen, Mehrwortterme zu erkennen und Synonyme zu generieren.
Nachfolgend werden die Indexierungsergebnisse von ***lingo*** hinsichtlich zukünftiger Recherchen im Bildarchiv ***prometheus*** kurz vorgestellt.

Grundformreduzierung:
Die linguistischen Verfahren von ***lingo*** zielen in erster Linie darauf ab, die Wortformenstichwörter in den Bildbeschreibungen so aufzubereiten, dass unterschiedliche Wortformen eines Wortes auf die Grundform überführt werden. Dadurch wird die sprachliche Vielfalt innerhalb der Bildbeschreibungen normalisiert. Unabhängig von der sprachlichen Form des Suchbegriffs werden jetzt alle Bildbeschreibungen gefunden, in denen der Suchbegriff sowohl in der Grundform als auch in den flektierten Formen vorkommt.

Beispiele:
1. <Mittelstücks|KOM = [(mittelstück/k), (mittel/s), (stück/s), (mittel/a)]>
2. <Versuchungen = [(versuchung/s)]>
3. <Gefäßen = [(gefäß/s)]>
4. <Früchten = [(frucht/s), (früchte/s)]>

Eine systematische Rückführung der Wortformen auf die Grundform muss insbesondere dann gewährleistet sein, wenn man an einer genauen statistischen Gewichtung der Indexterme interessiert ist.

Phrasenerkennung:
lingo unterstützt die Identifikation von Mehrworttermen („Phrasen"). Es besteht damit die Möglichkeit, diese Phrasen bei einer Suche zu verwenden und nach spezifischeren Termen in der Kollektion zu suchen.

Beispiele:
1. <Französische Revolution|MUL = [(französische revolution/m), (revolution, französische/y)]>
2. <Klosterneuburger Altar|MUL = [(klosterneuburger altar/m), (altar, klosterneuburger/y), (verduner altar/y)]>
3. <Biblia pauperum|MUL = [(biblia pauperum/m), (armenbibel/y), (bemalte bibel/y), (biblia picta/y), (bilderbibel/y), (historienbibel/y), (pauperum, biblia/y)]>

Kompositazerlegung:
Da Komposita einen impliziten Kontext beinhalten, d.h. aus mehreren sinnvollen Teilworten bestehen, ist es nützlich, diese Teilworte auch für eine Suche zu extrahieren, aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen. Durch eine Kompositumzerlegung sind die einzelnen begrifflichen Bestandteile, aus denen sich Komposita zusammensetzen, für die Suche verfügbar.

Beispiele:
1. <Sonnenuntergang|KOM = [(sonnenuntergang/k), (sonne/s), (untergang/s)]>
2. <Flusslandschaft|KOM = [(flusslandschaft/k), (fluß/s), (landschaft/s), (landschaft/b)]>
3. <Schneesturm|KOM = [(schneesturm/k), (schnee/s), (sturm/s), (sturm/a)]>
4. <Herbstabend|KOM = [(herbstabend/k), (abend/s), (herbst/s), (abend/b)]>
5. <Dornkronenreliquiar|KOM = [(dornkronenreliquiar/k), (dorn/s), (krone/s), (reliquiar/s)]>

Generierung von Synonymen:
Werden die mit einer ***lingo***-Indexierung gewonnenen Synonyme in ***prometheus*** integriert, dann kann der Suchindex automatisch um die in den Wörterbüchern hinterlegten Äquivalenzklassen erweitert werden. Damit ist es für den Nutzer bei einer Recherche ohne weiteren Zusatzaufwand möglich, alle diejenigen Objekte zu finden, in denen nicht nur die eingegebene Suchbedingung vorkommt, sondern es werden zusätzlich diejenigen Objekte ausgegeben, die eine synonyme Benennung der Suchbedingung enthalten. Vor allem Künstler können so mit ihren Pseudonymen ebenfalls gefunden werden.

Beispiele:
1. <Peter Paul Rubens|MUL = [(p p rubens/m), (peter paul rubens/m), (paul rubens/y), (pedro pauolo rubens/y), (pet p rubenius/y), (peter paul rubbens/y), (petrus p rubenius/y), (petrus paulus rubenius/y), (petrus paulus rubens/y), (pierre paul rubens/y), (pietro p rubens/y), (pietro paolo rubens/y), (pietro pauolo rubens/y), (rubens, p. p./y), (rubens, peter paul/y)]>
2. <Stuck = [(stuck/s), (stuckatur/y), (stuckdekoration/y), (stuckornament/y), (stukkatur/y), (stukko/y)]>
3. <Fensterrose = [(radfenster/y), (rosenfenster/y), (rosettenfenster/y)]>
4. <Denkmals = [(denkmal/s), (monument/y)]>

Die automatische Indexierung führt zu einer sprachlichen und semantischen Vereinheitlichung (durch Einbindung von Synonymrelationen) der Indexterme und liefert damit die Grundlagen für einheitliche fachthematische Suchen über die 48 unterschiedlichen Bildsammlungen in ***prometheus***. Darüber hinaus ist die automatische Indexierung die Voraussetzung für die Entwicklung eines Identifizierungs- und Zuordnungsverfahrens, mit dem automatisch ein inhaltlich normiertes Beschreibungsvokabular erstellt werden kann.

Reduzierung der formalen Heterogenität
Die besondere Herausforderung bei diesem Forschungsprojekt liegt in der Identifizierung ein und desselben Objektes sowohl in einem stark heterogenen Bildarchiv wie ***prometheus*** als auch in einem kunsthistorischen Fachtext wie dem Reallexikon zur Deutschen Kunstgeschichte.

Für die Reduzierung der Heterogenität war der Aufbau eines Normdatenpools aus unterschiedlichen Quellen (z.B. SWD) erforderlich, in dem Varianten erfasst sind und auf Vorzugsbenennungen relationiert werden. Über eine linguistisch basierte automatische Indexierung mit der Fähigkeit, Mehrwortgruppen (auch in flektierter Form) sicher zu erkennen, wird der Abgleich mit dem Normdatenpool und die Zuweisung von Vorzugsbenennungen (als zusätzliches Beschreibungsmerkmal) realisiert. Bei nicht möglichem vollständigem Abgleich (bei z.B. Übereinstimmung nur in Teilen oder nicht bekannten sprachlichen Abweichungen) wird die linguistische Analyse um eine statistische Komponente ergänzt, die Zuweisungen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit erlaubt. Die Identifizierung ist die Voraussetzung für die wahrscheinlichkeitsbasierte Zusammenführung von Bild und Text.

Verlinkung von Text und Bild
Zur Identifizierung von Kunstwerken in kunstgeschichtlichen Fachtexten wurden auf Grundlage der in ***prometheus*** vorhandenen Bilddaten entsprechende Wörterbücher aufgebaut, mit deren Hilfe z.B. Künstler und Werktitel in einem solchen Text erkannt werden können. Da das Auftreten einer Künstler-Titel-Kombination allein



noch nicht den Schluss zulässt, dass das bezeichnete Kunstwerk tatsächlich Gegenstand des Textes ist, muss die Zuverlässigkeit der Verknüpfung von Text und Bild durch eine Wahrscheinlichkeit ausgedrückt werden. Bei ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit können Bilder und Texte einander zugeordnet werden. Da die Artikel in RDK-Web bereits hervorragend erschlossen sind, können auf diese Weise auch die Bilddaten in ***prometheus*** mit deren Erschließungsmerkmalen versehen werden und somit eine Aufwertung ihres Nutzwertes erfahren.

Grundsätzlich sind die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Werkzeuge auf andere Bildarchive anwendbar und insbesondere auch dazu geeignet, das ***prometheus***-Archiv mit weiteren Textkollektionen wie z.B. der Wikipedia zu verknüpfen. Darüber hinaus ist es umgekehrt auch denkbar, RDK-Web und andere Kollektionen mit Bildern aus ***prometheus*** zu illustrieren.

Klaus Lepsky

Abstract

Für das *prometheus*-Bildarchiv soll ein Verfahren zur automatischen formalen Normierung und inhaltlichen Indexierung prototypisch realisiert werden. Dafür werden zunächst Terminologieressourcen für Werktitel und Künstlernamen erstellt, die für eine automatische Indexierung der Bildbeschreibungen herangezogen werden. In einem nächsten Schritt sollen mit der Realisierung eines automatischen Erschließungsverfahrens für Bildbeschreibungen die in einer Bildkollektion vorhandenen charakteristischen Relationen identifiziert und zugeordnet werden (bspw. zwischen Werktitel und Künstler oder Bauwerk und Geographikum). Zu lösen ist im Projekt die automatische Zusammenführung von Bildern und kunstgeschichtlichen Fachtexten über linguistische und statistische Verfahren. Das Projekt mit einer Laufzeit von zwei Jahren (April 2007 bis März 2009) wird gefördert von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Wissenschaft und wird in Kooperation mit „*prometheus* – Das verteilte digitale Bildarchiv für Forschung und Lehre", Universität zu Köln, durchgeführt.

Projektleitung:

Prof. Dr. Klaus Lepsky
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft

PD Dr. Holger Simon
prometheus – Das verteilte digitale Bildarchiv für Forschung und Lehre
Universität zu Köln

Projektbeteiligte:

Dipl.-Bibl. (FH) Jens Wille
Dipl.-Bibl. (FH) Thomas Müller
Lisa Dieckmann M.A.
Georg Hohmann M.A.

Projektpartner:

RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Wissenschaft

Quellen

[1] ***prometheus*** – Das verteilte digitale Bildarchiv für Forschung & Lehre: http://www.prometheus-bildarchiv.de/
[2] www.rdk-web.de
[3] Lepsky, Klaus; Vorhauer, John: Lingo – ein open source System zur Automatischen Indexierung deutschsprachiger Dokumente. In: ABI-Technik 26, 1/2006, S. 18-28.
[4] http://prometheus-web.uni-koeln.de/t3pro/?id=279&tx_ttnews[tt_ews]=10&tx_ttnews[backPid]=56&cHash=2e9b3f0db1
[5] http://www.startext.de/produkte/hida/
[6] http://www.lex-lingo.de

Maßgeschneiderter Service für Kunden

Das Projekt sedes research

„Service Design" heißt, Services so zu gestalten, dass sie den Bedürfnissen der Kunden gerecht werden und sie begeistern. „Service Design" heißt auch, Innovationen zu entwickeln, die für den Anbieter effizient und profitabel sind. Designspezifische und servicespezifische Herangehensweisen helfen in der Forschung, die Bedürfnisse von Nutzern wirklich zu verstehen. Dazu gehört es auch, diffus kommunizierte Kundenwünsche zu explorieren und zu konkretisieren. So soll bereits Gegebenes in zukünftige Lösungen expandiert werden. Es gilt dann, diese Erkenntnisse systematisch für Innovationsprozesse zu nutzen.

Jedes sedes research-Projekt durchläuft vier Phasen. Innerhalb dieser Phasen gibt es große Spielräume, die dazu genutzt werden können, auf die speziellen Forschungsanliegen der Partner einzugehen und den Besonderheiten der Forschungsthematik gerecht zu werden. So werden die Forschungsdesigns in enger Kooperation mit den Partner ausgearbeitet und gleichzeitig an die Thematik adaptierte Forschungsmethoden und -werkzeuge entwickelt.

Forschungsprojekt International Service Cultures

Gemeinsam mit den drei international agierenden Unternehmen Siemens, NOKIA und McDonalds sowie der Carnegie Mellon University (USA) hat sedes research im Rahmen dieses Forschungsprojekts die Kundenerwartungen an Service in 16 Schlüsselländern weltweit untersucht. Der Hintergrund: Dienstleistungen stellen Güter des internationalen Handels dar. In einem solchen globalen Wettbewerbsumfeld werden sie entwickelt und gestaltet. Dabei ist es unerlässlich, die kulturellen Gegebenheiten und Unterschiede zu berücksichtigen. Bereits bestehendes Wissen über entsprechende Gemeinsamkeiten und Unterschiede von „Service-Kulturen" war bisher nur in einem sehr geringen Maße systematisch erfasst.

Ziel dieses Forschungsprojekts war es, diese Lücke zu schließen, indem die Unterschiede verschiedener Service-Kulturen aufgezeigt, analysiert und dokumentiert wurden. Dabei sollten kulturelle Unterschiede sowohl allgemein als auch branchenspezifisch betrachtet werden. Die Ergebnisse dieser Studie wurden anwendungsorientiert aufbereitet und sollen den Unternehmen in Zukunft sowohl als Entscheidungshilfe für Planungsprozesse in Bezug auf Standardisierung und Individualisierung dienen, als auch Input zur Verbesserung der Handlungskompetenz auf der „Service-Bühne" liefern.

Vorgehensweise: Im ersten Schritt wurden vorliegende Studien zu kulturellen Unterschieden auf ihren Informationsgehalt bezüglich Servicekulturen analysiert. Es wurden relevante Dimensionen zur Kennzeichnung einer Service-Kultur herausgearbeitet. Im zweiten Schritt wurde das Expertenwissen der Partnerunternehmen durch Telefoninterviews, E-Mail-Interviews und Fragebögen als gemeinsame Forschungsgrundlage erfasst. Die Interviews und Fragebögen der Experten wurden analysiert und Hypothesen hinsichtlich internationaler Service-Kulturen abgeleitet. Aufbauend auf den neuen Erkenntnissen, wurden eine Onlineumfrage und das Online-Spiel „Culture Cards" zur Erfassung der Kundenerwartungen bezüglich Service erarbeitet und in 16 Ländern in den jeweiligen Landessprachen durchgeführt.

Ergebnisse: Die Auswertung der weltweiten Kundenumfrage bestätigte die Existenz kultureller Unterschiede in Bezug auf Kundenerwartungen an Service. Die durch die Experten der Forschungspartner formulierten Kundenerwartungen in den jeweiligen Ländern wurden durch die Umfrage nur begrenzt bestätigt. Dies führt zu der Hypothese, dass es eine Diskrepanz zwischen vermuteten und tatsächlichen Kulturunterschieden gibt. Eine weitere Hypothese besagt, dass es kulturell abhängige und kulturell unabhängige Bereiche bezüglich der Erwartungen an Service gibt. Das würde bedeuten, dass auf der einen Seite eine Servicestandardisierung möglich ist, es aber auch angemessene kulturspezifische Adaptionen erfordert, um den unterschiedlichen Bedürfnissen internationaler Kunden gerecht zu werden.
Die anhand der Ergebnisse erstellte Datenbank und die Aufbereitung der Erkenntnisse in Form einer Gesamtdokumentation und in individualisierten Länderheften ermöglicht Fachpersonal zukünftig den flexiblen Zugriff auf die Daten.

Weitere beispielhafte Projekte

Anhand der folgenden Projektbeispiele wird ein weiterer Einblick in die Arbeit von sedes research gegeben. Die dargestellten Beispiele wurden ausgewählt, um die große Bandbreite der Forschungsprojekte von sedes research zu verdeutlichen:

- **Compass Group – Personalmarketing**
  Forschungskooperation: Compass Group

Wie wird man ein attraktiver und begehrter Arbeitgeber in der Catering- und Betriebsverpflegungsbranche? Das Projekt mit der Compass-Group, dem Marktführer unter den deutschen Catering-Spezialisten, beschäftigte sich genau mit dieser Frage. Aufbauend auf eine komplexe Zielgruppen-Recherche wurde ein attraktiver Auftritt als Arbeitgebermarke konzipiert und innovative Maßnahmen entwickelt, die exakt auf potentielle Arbeitnehmer der Compass-Group zugeschnitten sind.

- **McFuture**
  Forschungskooperation: McDonald´s Deutschland

McDonald's Deutschland hatte im Jahr 2007 das Ziel, in ca. 60 „Future Restaurants" in Deutschland innovative Service-Konzepte für Europa zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wurde sedes research beauftragt, die Welten von Fast Food und Self Service näher zu beleuchten, in die Zukunft zu transformieren und dabei sowohl realistische als auch provozierende Szenarien für die „Future Restaurants" zu entwickeln. Die provozierenden und inspirierenden Ergebnisse werden im Rahmen einer Roadshow auf fünf McDonald's-Veranstaltungen in ganz Deutschland präsentiert.

- **mobilkom austria – Wir wollen´s wissen**
  Forschungskooperation: mobilkom austria





Unbegrenzte Möglichkeiten: Beispielhafte Projekte von sedes research

Abstract

sedes research ist das erste internationale Forschungszentrum im Bereich „Service Design" an der Köln International School of Design (KISD). Grundlagenforschung und angewandte Forschung sind hier gleichermaßen angesiedelt. „Service Design" heißt, Services so zu gestalten, dass sie den Bedürfnissen der Kunden gerecht werden, sie begeistern und effizient sowie profitabel sind. Designspezifische und servicespezifische Herangehensweisen helfen in der Forschung, die Bedürfnisse von Nutzern wirklich zu verstehen. Dazu gehört auch, diffus kommunizierte Kundenwünsche zu explorieren und zu konkretisieren. So soll bereits Gegebenes in zukünftige Lösungen expandiert werden. Es gilt dann, diese Erkenntnisse systematisch für Innovationsprozesse zu nutzen. Nach erfolgreich abgeschlossenen Projekten für die Compass Group, die Deutsche Bank, Mobilkom Austria, Nokia, die OMV, die SBK und Siemens sind bereits neue Projekte in Arbeit.

Projektleitung

Prof. Birgit Mager
Fakutät für Kulturwissenschaften
Köln International School of Design (KISD)
mager@kisd.de

Forschungskooperation/ Projektpartner

Compass Group
Deutsche Bank
EHI
EUREST
Ferrero
Haufe Verlag
McDonalds
mobilkom austria
Nokia
OMV
Österreich Werbung
PwC
SBK
Siemens
Swisscom

Mobiltelefone sind aus dem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken. Doch wie wird Mobilfunk genutzt? Wie bewältigen die Kunden dies zunehmend komplexer werdende Thema und wie unterstützend und kundenorientiert agieren die Mobilfunkanbieter? Ziel des Projektes mit der Mobilkom Austria war es, die Bedürfnisse der Privat- und Businesskunden zu untersuchen und neue Services zu entwickeln, die auf die unterschiedlichen Bedürfnisse dieser Zielgruppen eingehen. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf den Bereichen Installation und Konfiguration. In Zukunft sollen Serviceinnovationen die Kundenaktivitäten erleichtern und unterstützen.

- **Service – Ein Kunststück**
  Forschungskooperation: OMV

Diese Forschungsarbeit befasste sich mit der Frage, wie die Organisation, Notation oder Kultur der Darstellenden Künste die komplexe Welt der Dienstleistungen und die Performance auf der Service-Bühne inspirieren können. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes wurden übersetzt in ein Ausstellungskonzept, eine Spiele-Box und eine umfassende Dokumentation.

- **Unter Umständen**
  Forschungskooperation: SBK

Die Lebenslage von Frauen in der Schwangerschaft wurde in diesem Forschungsprojekt mit den Methoden des „Service Design" intensiv studiert. Das Eintauchen in die Erlebniswelt und in den Alltag der Frauen führte zu einem ausgeprägten Verständnis der Bedürfnisse und Probleme in dieser besonderen Lebensphase. Aufbauend auf den gewonnenen Einblicken, Erfahrungen und Kenntnissen wurden innovative Serviceangebote gestaltet und als Prototypen ausgearbeitet. Aktuell befinden sich die Service-Innovationen aus diesem Projekt in der Implementierungsphase.

Birgit Mager

ELCAT – Innovatives E-Learning: Contentaufbereitung von Terminologie-Lernmodulen für die Automobilindustrie

Effiziente Terminologiearbeit als Erfolgsfaktor

In Unternehmen werden die Entwicklungszyklen immer kürzer und dabei komplexer. Gleichzeitig werden meist verschiedensprachige Absatzmärkte bedient. Dadurch gewinnt eine einheitliche Terminologie an Bedeutung, denn die konsistente Verwendung der unternehmensspezifischen Fachsprache führt zu einer deutlichen Effizienzsteigerung in allen Bereichen – von der Entwicklung über die Dokumentation und Lokalisierung bis hin zur Vermarktung und Nutzung. Gleichzeitig unterstützt eine durchdachte Terminologiepolitik im Unternehmen die gesamten Arbeitsabläufe von der Lagerhaltung bis zum Qualitätsmanagement. Insbesondere die für eine internationale Präsenz unerlässlichen Lokalisierungs- und Übersetzungsprozesse können durch einheitliche Terminologie personal- und kosteneffizienter gestaltet werden. Doch die Erstellung und Verwaltung einer firmeninternen Terminologie ist ohne fachliche Grundkenntnisse nicht möglich.

Anwendungsorientierte Forschung für die Wirtschaft

Im Rahmen des ELCAT-Projektes soll ein innovatives Lernsystem unter Anwendung digitaler, auf Internet-Technologie basierender Medien eine Einweisung in die Prinzipien und Methoden der Terminologielehre und Terminologiearbeit geben und die unternehmens- oder fachspezifische Terminologiepflege im Bereich der Automobilindustrie zur Unterstützung der wirtschaftlich-technischen Produktzyklen und des unternehmensinternen Wissensmanagements optimieren.

Da Terminologieentwicklung in allen Produktentwicklungszyklen stattfindet, ist es notwendig, den daran beteiligten Mitarbeitern terminologisches Bewusstsein sowie Kenntnisse über Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der Terminologiearbeit zu vermitteln. Das Projekt wird in Kooperation mit Vertretern aus der Automobilindustrie durchgeführt, die bei der Bedarfs- und Zielgruppenanalyse mitwirken und ihr Wissen über interne Abläufe sowie terminologisches Beispielmaterial einbringen.



Mithilfe der webbasierten Software MultiTerm erstellter Eintrag einer Terminologiedatenbank (Copyright: FH Köln)

Die geplante E-Learning-Plattform soll den Mitarbeitern dieser Unternehmen eine effektive Lernform bieten, die als Online-Weiterbildungskomponente bedarfs- und zielgruppengerecht in den Arbeitsalltag integriert werden kann.

Die Anwender sind beispielsweise Ingenieure im Bereich der Fahrzeugtechnik, die neue Begrifflichkeiten entwickeln, definieren und benennen oder technische Redakteure, die Betriebsanleitungen, Wartungshandbücher oder technische Spezifikationen erstellen und dabei ebenfalls Terminologie schaffen und konsistent verwenden müssen. Die wissenschaftliche Herausforderung besteht darin, sowohl theoretische als auch praxisorientierte Lerninhalte für eine sehr heterogene Anwendergruppe auf einer E-Learning-Plattform unter Einbindung moderner elektronischer Werkzeuge didaktisch aufzubereiten.

Neue Lösungen für innovative Unternehmen

Die Einbeziehung von Werkzeugen für die Terminologieerkennung und -verwaltung in eine E-Learning-Plattform stellt eine technische Innovation dar, da der Einsatz von Informationstechnologie mit den beiden Schnittstellen Lerninformationssysteme und Terminologiedatenbanken im Bereich der Terminologiewissenschaft so noch nicht realisiert wurde. Für die Wissensbereitstellung werden die Lerneinheiten mit einem System aus auf internationalen Normen basierenden Metadaten unterlegt.

Es geht im Einzelnen darum, eine webbasierte Terminologiedatenbank-Software auf Client-Server-Technologie sowie Terminologieextraktions- und Redaktionsprogramme in eine anwenderorientierte Lernumgebung zu integrieren und die Lerneinheiten für eine kooperative Form der Terminologiearbeit aufzubereiten. Für die Terminologiedatenbank, die für die unternehmensweite Terminologieverwaltung und damit für den geplanten E-Learning-Kurs von zentraler Bedeutung ist, wird ein Datenmodell entwickelt, das sich an internationalen Normen orientiert, sich auf den Bedarf im jeweiligen Unternehmen zuschneiden lässt und die Anwendergruppen sowie das gemeinsame Erstellen lernbegleitender Einträge optimal unterstützt.

Mehrsprachige Lerninhalte

Da Automobilhersteller und Zulieferer größtenteils im Ausland produzieren und sich auch Absatzmärkte im nicht-deutschsprachigen Ausland finden, ist es unverzichtbar, bei der Wahl der E-Learning-Plattform darauf zu achten, dass die Benutzeroberfläche und die Lerninhalte mehrsprachig bereitgestellt werden können. Auch die





Prototyp des E-Learning-Systems für ELCAT (Copyright: FH Köln)

Abstract
Im Rahmen des ELCAT-Projektes wird ein neues Lernkonzept unter Anwendung digitaler, auf Internettechnologie basierender Medien eine Einweisung in die Prinzipien und Methoden der Terminologielehre und Terminologiearbeit geben.
Der Kurs enthält Lernmodule zur Optimierung der unternehmens- oder fachspezifischen Terminologiepflege innerhalb der Automobilindustrie. Es versetzt die Mitarbeiter der Unternehmen in die Lage, bereits in der Produktentwicklungsphase Terminologie exakt festzulegen und zu definieren. So können sie die Terminologie anschließend so verwalten, dass eine konsistente Anwendung sowie eine fehlerfreie fachsprachliche Kommunikation während des gesamten betrieblichen Herstellungs- und Vermarktungsprozesses gewährleistet werden kann. Der Kurs ist für Industrieunternehmen konzipiert, eignet sich jedoch auch zur modularen Integration in die Studienprogramme verschiedener Fachrichtungen.

Projektleitung
Prof. Dr. Klaus-Dirk Schmitz
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationsmanagement
klaus.schmitz@fh-koeln.de

Wissenschaftliche Kooperationspartner
Universität Wien (Österreich)
University of Illinois (USA)
Kent State University (Ohio, USA)
Macquarie University (Sydney, Australien)

Projektpartner
Audi Akademie GmbH
Volkswagen AG
MAN Nutzfahrzeuge AG
2W Technische Informations GmbH
SDL/Trados
acrolinx GmbH
IAI (An-Institut an der Universität des Saarlandes)
International Network for Terminology (TermNet)

integrierte Terminologiedatenbank muss vom Ansatz her multilingual sein.
Besonders kleinen und mittelständischen Unternehmen bietet sich mit dieser E-Learning-Anwendung die Chance, ihre wirtschaftliche Leistungsfähigkeit mit minimalem Aufwand zu verbessern. Aber auch große, international tätige Unternehmen können von den Kostenvorteilen einer planvollen Terminologiearbeit profitieren.
Die Lernmodule sowie die aufgebaute Terminologiedatenbank sollen nach erfolgreichem Projektabschluss Ende 2010 auch als Basis eines berufsbegleitenden Weiterbildungsstudiengangs mit Master-Abschluss dienen. Einzelne Komponenten können auch in andere technische oder wirtschaftswissenschaftliche Vollzeit-Curricula integriert werden.

Kooperation zwischen Hochschule und Industrie
Als industrielle Kooperationspartner für das Projekt konnten drei große deutsche Automobilunternehmen gewonnen werden: Volkswagen, Audi über die Audi-Akademie und MAN Nutzfahrzeuge. Dazu kommt ein Dienstleister für die Automobilindustrie, die 2W Technische Informations GmbH. Weitere Partner sind SDL/Trados, Marktführer im Bereich von Software für Terminologielösungen, das Institut der Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Informationsforschung (IAI), die auf dem Gebiet der Sprachtechnologie und Computerlinguistik spezialisierte Firma acrolinx und TermNet, das internationale Terminologienetz mit Sitz in Wien.
Mit verschiedenen Universitäten aus dem englischsprachigen Raum werden Erfahrungen im E-Learning-Bereich ausgetauscht und die englischsprachigen Modulversionen des Kurses erarbeitet.
Durch die Konzeption der E-Learning-Anwendung wird nicht nur der Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschule und Industrie, sondern auch innerhalb der beteiligten Unternehmen durch eine bedarfs- und benutzerorientierte Wissensbereitstellung gefördert.

Klaus-Dirk Schmitz

„virtuelles museum // kölner sport"

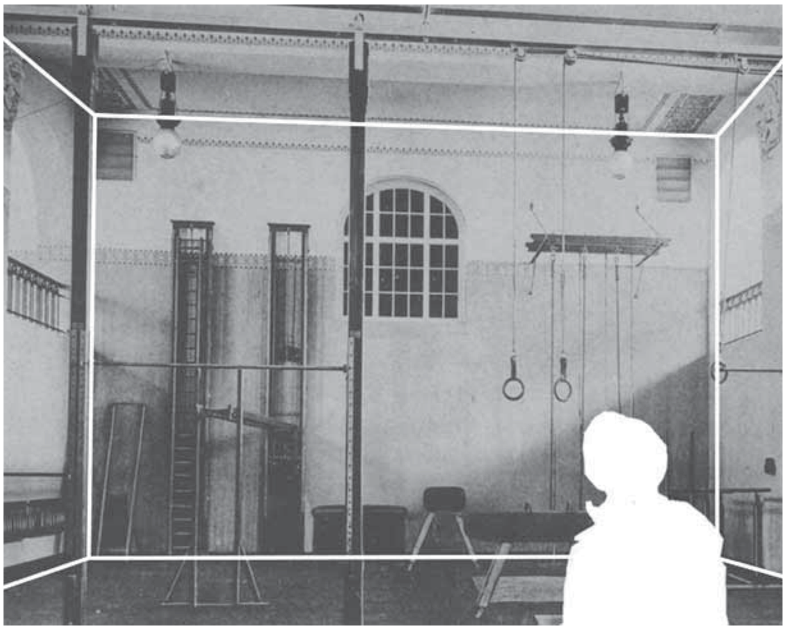
Der Sport wird im öffentlichen Bewusstsein, aber auch in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung, oft als Randphänomen der Alltagskultur gesehen. Auf der Suche nach einer angemessenen und innovativen Form des Umgangs mit seiner historischen Dimension, die gleichermaßen anschaulich und wissenschaftlich fundiert ist, bietet ein „virtuelles Museum" neue Möglichkeiten. Der Begriff des Museums ist ganz bewusst gewählt, da damit eine Wertigkeit bei der Vermittlung von Geschichte verbunden ist. Die außergewöhnliche Sicht auf den Sport und seine Geschichte in einer Stadt schafft eine Präsentationsplattform, bei der eine Verbindung zwischen historischen Fakten, visueller Kommunikation und emotionalem Erleben hergestellt wird. Diese moderne Art der Information schafft neue Erlebnisräume, die Jugendliche und Erwachsene gleichermaßen anspricht. Außerdem haben die Nutzer die Möglichkeit, das Museum durch eigene Beiträge mitzugestalten. Spielerisch-sportliche Elemente aus dem Bereich des „Electronic Sports" sind ein weiteres Merkmal des „virtuellen Museums".

Das Internet ist ein Medium, das junge Menschen in besonderem Maße anspricht. Ältere Menschen, die über sportliche Erfahrungen in ihrem Lebensalltag verfügen, scheinen dagegen neugieriger auf Inhalte zu sein. Damit eignet sich das „virtuelle Museum" für einen generationsübergreifenden Ansatz, der die Gruppe der Senioren oder älteren Erwachsenen als zusätzliche „Informanten" einbezieht. Unter pädagogischen Gesichtspunkten kann zudem über das Thema Sport ein neuer Zugang zur Kommunikationsform „Internet" für Ältere geschaffen werden.

Ziele und Fragestellungen

Mit dem Projekt sind folgende Ziele und Fragestellungen verbunden:

- Konzeption eines „virtuellen Museums" unter Berücksichtigung spielerisch-sportlicher Komponenten.
- Entwicklung einer „virtuellen" Kommunikationsebene zum Thema Sportgeschichte zwischen Jung und Alt.
- Sportgeschichte als Alltagsphänomen begreifen, Vermittlung von Inhalten, Sicherung von Zeitzeugen-Aussagen und Dokumenten in einem „virtuellen Archiv".



- Schaffung lokaler Identität (Innenwirkung) und Unterstützung eines innovativen Images der „Sportstadt Köln" im globalen Raum (Außenwirkung).
- Förderung medialer Bildung von Kindern, Jugendlichen und älteren Erwachsenen (Medienkompetenz).
- Erforschung der Integrations- und Vermittlungsfunktion sowie der Rückkopplungseffekte virtueller Welten und die Beschreibung von Kommunikationsnetzwerken.

Gestaltung eines virtuellen Raums

Typologien und Morphologien des architektonischen Raumes unterliegen unserer Kognition oder eines gelernten Raumverständnisses – auf dieser Basis bietet der „virtuelle Raum" erweiterte Erfahrungswerte und Erlebniswelten. Material, Struktur, Oberfläche, Farbe, Belichtung/Beleuchtung sind die tradierten Werkzeuge der Raumgestaltung. Damit erhalten klassische Räume ihre Funktion, ihre Anmutung, ihre Stimmung, ihre Qualität. Umfeldbedingungen wie etwa „innen – außen", „Tag – Nacht", „belebt – unbelebt" sind Faktoren, die in der Konzeption, der Gestaltung und der Realisation zu beachten sind und auf die der Raum reagiert. Diese Unterschiedlichkeit wird bestimmt von den auf ihn wirkenden Einflüsse. Er selbst – der Raum, die Architektur – ist statisch, jedoch als dreidimensionales Medium mit allen Sinnen erfahr- und begehbar.

Generationsübergreifende Kommunikation

Im Gegensatz dazu soll der „virtuelle Raum" definiert sein als „selbst aktiv" und mit unseren Kognitionen übereinstimmend „3d-simulierend". Veränderungen werden entsprechend der aktuellen Situation, der aktuellen Funktion, vorgenommen. Der „virtuelle Raum" reagiert als zweidimensionales Abbild aktiv und folgt einer vorbestimmten oder variablen Dramaturgie, die entweder streng externe Faktoren berücksichtigt oder auch den scheinbaren Zufall zulässt. Die Veränderungen sind immateriell, trotzdem beruhen sie auf materiellen Erfahrungen.

Der „virtuelle Raum" stellt somit eine breite Palette der Erscheinung und der Kommunikation mit den unterschiedlichsten Einflussmöglichkeiten zur Verfügung. Diese Palette wird gespeist aus der Historie, aus den aktuellen künstlerischen und gestalterischen Ansätzen sowie Umsetzungen aus dem Bereich der Architektur und den technischen Möglichkeiten der Anwendung der Medien.

Das Projekt „virtuelles Museum // kölner sport" bietet anhand der Typologie „Museum" die Erforschung der Bezugssysteme und Wahrnehmungen der aufeinander bezogenen Raumverhältnisse und -verständnisse des



architektonischen und virtuellen Raumes sowie Rückkopplungseffekte zwischen Virtualität und Realität.

Folgende Fragestellungen sollen bei der Erhebung in den Mittelpunkt gestellt werden:

- Eignet sich das „Virtuelle Museum" zur Vermittlung historischer Inhalte?
- Gelingt eine generationsübergreifende Kommunikation?
- Verändert sich durch die Nutzung virtueller Räume das Verhalten in der Realität, etwa in Richtung aktiver Beteiligung am Sport oder Aufsuchen bestimmter Orte?
- Was und wie lernen die Besucher des Museums? Ist das „virtuelle Museum" in der Lage, Wissen zu vermitteln?
- Wird die technische Realisierung den Anforderungen und den Zielgruppen gerecht?

Das gesamte Vorhaben hat Modellcharakter und ist ein in Deutschland einmaliges Pilotprojekt. Es handelt sich hierbei um ein Gemeinschaftsprojekt der Fachhochschule Köln (FH) und der Deutschen Sporthochschule Köln (DSHS) und wird von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Wissenschaft über einen Zeitraum von zwei Jahren mit insgesamt 120.000 Euro gefördert – 60.000 Euro pro Hochschule. Die grundlegenden inhaltlichen, grafischen und technischen Umsetzungen können zukünftig auf andere Städte oder Themenbereiche angewandt werden. Für eine erfolgreiche Um- und Fortsetzung des Projektes sollen, mit Zustimmung der RheinEnergieStiftung, weitere Sponsoren angesprochen werden.

Jochen Siegemund

Abstract

Um die Vielzahl an Dokumenten und Exponaten des Archivs des Vereins „Kölner Sportgeschichte e. V." für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wird seit April 2008 das Konzept eines „virtuellen Museums" erarbeitet. Neben dem Ziel der Vermittlung von Information, liegt der inhaltliche Schwerpunkt dieses interdisziplinären Forschungsprojekts auf der Entwicklung einer Kommunikations- und Austauschplattform mit spielerisch-interaktiven Elementen. Innerhalb des Projektes stellt die Schnittstelle zwischen virtuellem und realem Raum ein übergeordnetes Thema dar. Gefordert sind die Kenntnisse von Architekten, Informatikern, Medienpädagogen und Sporthistorikern.

Projektleitung

Prof. Jochen Siegemund
Fakultät für Architektur
Forschungsschwerpunkt Corporate Architecture
Jochen.siegemund@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl.-Ing. Lena Hocke
Fakultät für Architektur
Forschungsschwerpunkt Corporate Architecture
Lena.hocke@fh-koeln.de

Dipl.-Soz. Päd. Horst Pohlmann
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik
Horst.pohlmann@fh-koeln.de

Prof. Christian Noss
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Studiengang Medieninformatik
Christian.noss@fh-koeln.de

Deutsche Sporthochschule Köln
Institut für Sportgeschichte

Projektpartner

RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Wissenschaft

RheinEnergie Stiftung | Jugend | Beruf Wissenschaft

virtuelles museum // kölner sport

Spanisch-deutsches Wörterbuch der Redewendungen

Ziel dieses Projektes ist die Erstellung eines spanisch-deutschen Wörterbuchs der Redewendungen des europäischen Spanisch. Es soll ein wissenschaftliches Standard-Nachschlagewerk werden, das ungefähr 16.000 Redewendungen und mehr als 1.000 Seiten umfasst. Das Wörterbuch ist unverzichtbar sowohl für die Vertiefung der Kenntnisse der spanischen Sprache als auch beim Übersetzen. Es wendet sich an deutsche Muttersprachler.

Dieses umfangreiche Projekt begann im Jahr 2002, um sowohl eine Marktlücke als auch eine wissenschaftliche Lücke zu schließen. In den bereits vorhandenen deutsch-spanischen Wörterbüchern lassen sich zwar auch Redewendungen finden, doch sind sie nur in geringer Zahl vorhanden. Darüber hinaus sind die meisten Redewendungen zu pauschal, wenn nicht gar falsch übersetzt.

Redewendungen – auch „idiomatische Phraseologismen" beziehungsweise „idiomatische phraseologische Einheiten" genannt – lassen sich durch ihre Fixiertheit und ihre Idiomatizität charakterisieren. Dabei kann der Grad, in dem sich diese Aspekte in jedem Phraseologismus bemerkbar machen, sehr unterschiedlich sein. Dieses neue Wörterbuch wird phraseologische Einheiten präsentieren, die einen Mindestgrad an Idiomatizität aufweisen. Ein Wörterbuch bedeutet stets eine Selektion der vielen Elemente, die in einer Sprache vorkommen. Die Richtlinien dieses Projektes entsprechen einer breiten Sicht innerhalb dessen, was man unter einer engen Definition der Phraseologie versteht.

Die wichtigste Quelle bei der Erfassung der spanischen Phraselogismen ist das Wörterbuch von Manuel Seco, Olimpia Andrés und Gabino Ramos (2004): Diccionario fraseológico documentado del español actual, Madrid: Aguilar. Basis der Forschungsarbeit sind jedoch auch „klassische" Werke wie das Wörterbuch der Real Academia oder der María Moliner.

In dem Projekt werden alle Phraseologismen mit Beispielen versehen, um sie in einem authentischen Kontext besser verständlich zu machen. Diese werden allesamt ins Deutsche übersetzt. Als Quelle für die Beispiele wird das Internet als das ständig aktualisierte, umfangreichste Korpus der lebendigen spanischen Sprache eingesetzt. Von den vielen Funktionen, die die lexikographischen Beispiele aufweisen, ist die definitorische die wichtigste. Die definitorische Funktion bezieht sich auf die Fähigkeit eines Beispiels, alle semantisch-pragmatischen Aspekte der zu definierenden Wendung deutlich zu machen. Die definitorische Funktion ist umso wichtiger, wenn man bedacht hat, dass die Bedeutung der meisten Wendungen kontextabhängigen Schwankungen unterliegt.

Bei der Suche nach geeigneten Äquivalenten taucht sehr oft die Gefahr der „falschen Freunde" auf. Die Strategie, sich durch die Ähnlichkeit der Komponenten verschiedener Wendungen der Ausgangs- und Zielsprache leiten zu lassen, ist, wird sie nicht mit großer Vorsicht und analytischem Verstand angewendet, einfach falsch. Diese Neigung von Übersetzern, phraseologische Äquivalente zu suchen, auch wenn diese nicht vorhanden sind, hat dazu geführt, dass Wörterbücher zahlreiche solcher „falschen Freunde" im Bereich der Phraseologie aufweisen.

In Bezug auf die angewandte Methode gilt es zu sagen, dass das Wörterbuch einerseits unter streng wissenschaftlichen Kriterien (hauptsächlich aus dem Bereich der linguistischen Pragmatik) entsteht, andererseits werden jedoch die didaktisch-pädagogischen und stets benutzerfreundliche Richtlinien einem breiten Publikum den Zugang zu dem Werk ermöglichen.

Die fünf Autoren des Wörterbuches sind Projektleitungin Frau Dr. Aina Torrent-Lenzen, promovierte und habilitierte Sprachwissenschaftlerin, Professorin an der Fachhochschule Köln und Privatdozentin an der Universität Wien sowie vier ehemalige Studierende der Fachhochschule Köln – in alphabetischer Reihenfolge: Jutta Beßler, Michael Erkelenz, María Teresa Marín Martínez und Lucía Uría Fernández. Die Projektleitungin Dr. Aina Torrent-Lenzen ist unter anderem Mitglied in der Europäischen Gesellschaft für Phraseologie (EUROPHRAS) sowie in der Asociación Española de Estudios Lexicográficos (AELex). An diesem Projekt beteiligen sich darüber hinaus zehn Studierende bzw. ehemalige Studierende der Fachhochschule Köln (in alphabetischer Reihenfolge: Maximilian Bitterwolf, Boris Mauricio Chávez Guzmán, Elisabeth Henk, Silvia Ivanuscha-Gómez, María José Nägler, Sonja Liesen, Claudio Ostrogovich, Martina Stahl, Marina Thiel und Anja de Werth) sowie zwei weitere Mitarbeiter (Dr. Ulrike Becker und Daniela Lenzen). Dank des Engagements aller Autoren und Mitarbeiter konnten bereits alle Redewendungen zu elf Buchstaben fertiggestellt werden. Plangemäß soll das Werk als Print-Wörterbuch in ca. sieben Jahren beim Hamburger Buske-Verlag erscheinen.

Inzwischen wurde das Vorhaben und die Vorgehensweise in zahlreichen Universitäten und auf Tagungen vorgestellt. Dabei wurden unterschiedliche Schwerpunkte gelegt:

- Die Struktur des so genannten Definiens im geplanten Wörterbuch. Dabei geht es um die kontextunabhängige Äquivalenz der Redewendungen. Da die wenigsten dieser Einheiten eine genaue Entsprechung im Deutschen finden, die für das Definiens in Frage käme, gestaltet sich die Struktur dieses Teils des Wörterbuches relativ kompliziert. (Vortrag im Rahmen des Kongresses der European Association of Lexicographers, Barcelona 2008)
- Kategorien und Methoden bei der Bestimmung des semantischen und pragmatischen Wertes der Phraseologismen (Vortrag im Rahmen des Kongresses Europhras der Europäischen Gesellschaft für Phraseologie, Helsinki 2008)
- Anwendungsbeispiele der Redewendungen (Vortrag im Rahmen des Kongresses der Asociación Española de Estudios Lexicográficos, Malaga 2008)

Aus dem Projekt heraus wird auf diese Weise umfangreiches Material über theoretische Phraseographie entwickelt, das sind Abhandlungen, wie Phraseologismen



in einem zweisprachigen Wörterbuch Spanisch-Deutsch behandelt werden sollen. Es entsteht somit ein neuer sprachwissenschaftlicher und terminologischer Gegenstand im Bereich der Sprachwissenschaft – die spanisch-deutsche Metaphraseographie –, die in der Tat eine wissenschaftliche Lücke schließt.

Aina Torrent-Lenzen

Abstract

Ziel dieses Projektes ist die Verfassung eines spanisch-deutschen Wörterbuches der idiomatischen Phraseologismen. Der Begriff „idiomatischer Phraseologismus" ist der fachliche Terminus für die etwas populäre Bezeichnung „Wendung". Dabei handelt es sich um mehr oder weniger fixierte Wortgruppen, die zusammen einen Sinn ergeben, der durch die Bedeutung der einzelnen Komponenten nicht erschlossen werden kann. Es soll ein wissenschaftliches Standard-Nachschlagewerk werden, das ungefähr 16.000 Redewendungen und mehr als 1.000 Seiten umfasst. Es ist unverzichtbar sowohl für die Vertiefung der Kenntnisse der spanischen Sprache als auch beim Übersetzen. Die Zielgruppe, die mit diesem Wörterbuch arbeiten soll, sind deutsche Muttersprachler.

Projektleitung

Prof. Dr. Aina Torrent-Lenzen
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation
aina.torrent_lenzen@fh-koeln.de

Grammatik des Altkatalanischen

Sprachwissenschaftler aus verschiedenen Ländern und aus verschiedenen syntaktischen Schulen untersuchen die historische Entwicklung der katalanischen Syntax auf Basis eines dafür erstellten elektronischen Korpus mit mittelalterlichen Dokumenten – beispielsweise Briefen, Reiseberichten oder religiösen Texten. Das Projekt ist nicht nur „wissenschaftlich" in Bezug auf die üblichen Formalien, sondern auch und vor allem wegen der Vorgehensweise.

Aina Torrent-Lenzen

Abstract

Ziel dieses Projektes ist die Erstellung einer mehrbändigen Grammatik des Altkatalanischen. Sprachwissenschaftler aus verschiedenen Ländern und aus verschiedenen syntaktischen Schulen sind daran beteiligt.

Projektleitung

Prof. Dr. Aina Torrent-Lenzen
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation
aina.torrent_lenzen@fh-koeln.de





CLUSTER 3

BAUDENKMALPFLEGE UND RESTAURIERUNG



Maltechnik des Impressionismus und Postimpressionismus



Abstract
Ziel dieses Projektes war die Untersuchung von Malmaterialien, Malweisen und der Entstehungsprozesse von Gemälden des Impressionismus und Postimpressionismus. Bislang wurde im deutschsprachigen Raum dazu nicht geforscht. Relevante Fragestellungen waren dabei die unterschiedlichen Arten und Qualitäten der Bildträger, die Kompositionsplanung und Werkgenese vor dem Hintergrund der Atelier- und Freilichtmalerei – ebenso die Identifizierung von Farb- und Bindemitteln, die Einflüsse der Freilichtmalerei oder die individuellen Malweisen der Künstler. Alle Forschungsergebnisse liegen als frei zugängliche Online-Publikation vor – in deutscher und englischer Sprache.

Projektleitung
Prof. Dipl. Rest. Hans Portsteffen
Fakultät für Kulturwissenschaften
Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft (CICS)
hans.portsteffen@fh-koeln.de

Dipl. Rest. Iris Schaefer
Wallraf-Richartz-Museum & Fondation Corboud

Dipl. Rest. Katja Lewerentz
(Koordination)

Projektpartner
RheinEnergie Stiftung Jugend / Beruf, Wissenschaft
Wallraf-Richartz-Museum & Fondation Corboud

Längst gilt der Impressionismus und Postimpressionismus als Voraussetzung für die Entwicklung der modernen Kunst. Dies lässt sich hervorragend auch an der Maltechnik, also den ausgewählten Materialien und Arbeitsweisen der einzelnen Künstler, belegen. Jedes einzelne Gemälde liefert dazu mannigfaltige Informationen, die sich jedoch häufig unterhalb der sichtbaren Bildoberfläche befinden und nur durch aufwändige technologisch-naturwissenschaftliche Untersuchungen entdeckt werden können

Das Wallraf-Richartz-Museum & Fondation Corboud besitzt einen der größten und vielfältigsten Bestände an Gemälden des Impressionismus und Postimpressionismus in Deutschland. Bedeutende Gemälde von Manet, Caillebotte, Pissarro, Renoir, Morisot, Sisley und Monet sind ebenso vertreten wie zahlreiche Werke oder gar Werkgruppen von Seurat, Signac und Cross. Dieser Bestand erlaubte eine breit angelegte und systematische technologische Erforschung, die erstmals in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Restauratoren, Naturwissenschaftlern und Kunsthistorikern stattfand und mit dem Jahresende 2008 abgeschlossen wurde.

Kooperation von Hochschule und Museum
Im Januar 2005 startete Teil I des Forschungsprojektes, das als enge Kooperation der Studienrichtung Restaurierung und Konservierung von Gemälden und polychromen Skulpturen des CICS und der Abteilung Kunsttechnologie und Restaurierung des Wallraf-Richartz-Museums & Fondation Corboud durchgeführt und von der RheinEnergieStiftung großzügig gefördert wurde. Die Kooperation von Hochschu-

RheinEnergie Stiftung | Jugend | Beruf Wissenschaft

Wallraf das Museum
WALLRAF-RICHARTZ-MUSEUM & FONDATION CORBOUD

le und Museum führte durch die Kombination der jeweiligen Kapazitäten zu Synergieeffekten. So ermöglichte die Förderung von diplomierten Nachwuchswissenschaftlern im Bereich der kunsttechnologischen Forschung wie auch die Mitarbeit von Studierenden in Seminaren und praktischen Blöcken zu maltechnischen Beobachtungen, Erhaltungszuständen und Teilkopien eine wertvolle Bereicherung für die Lehre. Darüber hinaus erbrachte auch die Nutzung gerätetechnischer Möglichkeiten beider Häuser bei der naturwissenschaftlichen Untersuchung ertragreiche Ergebnisse.

Ziel des Projekts

Die Technologie der Malmaterialien, Malweisen und Entstehungsprozesse von Gemälden des Impressionismus und Postimpressionismus wurde im deutschsprachigen Raum an umfassenden Werkbeständen bisher nicht erforscht. Relevante Fragestellungen waren dabei die unterschiedlichen Arten und Qualitäten der Bildträger, die Kompositionsplanung und Werkgenese vor dem Hintergrund der Atelier- und Freilichtmalerei sowie die Identifizierung von Farb- und Bindemitteln, die einen Einblick in die Entwicklung neuer, moderner Pigmente und die damals erfundenen Tubenölfarben ermöglichen. Weitere zu untersuchende Aspekte waren die Einflüsse der Freilichtmalerei und der zeitgenössischen Farbtheorien auf die Farbpalette und die individuellen Malweisen sowie die Zusammenhänge zwischen Gemäldeoberfläche und Bildwirkung.

Die Forschungsergebnisse sind nicht nur für das ganzheitliche Verständnis und die allgemeine kunstwissenschaftliche Forschung, sondern auch für die zukünftige Erhaltung und Restaurierung von Malereien des Impressionismus und Postimpressionismus von hoher Bedeutung.

Vorgehensweise und Arbeitsweise in Projektphasen

Phase 1 (2005 – 2006): Für die Untersuchung einer repräsentativen Auswahl von 75 Gemälden wurde ein Kriterienkatalog entwickelt, der eine gleich bleibende Methodik, eine konstante Terminologie und ein lückenloses Erfassen aller Sachdaten ermöglichte. Mit Hilfe der Stereomikroskopie, Strahlenuntersuchungen im infraroten und ultravioletten Spektrum, der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen sowie der naturwissenschaftlichen Analyse von Malmaterialien wurden dabei nicht nur das Original, sondern auch die Erhaltung des einzelnen Werkes unter die Lupe genommen. Die Differenzierung zwischen natürlicher Alterung und gezielten Veränderungen des Originals durch fremde Hand eröffnete einen neuen Blick auf die Rezeption und Geschichte der Bilder. Grundlegende Literaturrecherchen und -auswertungen kunsttechnologisch relevanter Schrift- und Bildquellen begleiteten die praktischen Untersuchungen und machten Forschungsbedarf deutlich – sowohl im Allgemeinen als auch speziell in Bezug auf einzelne Werke oder Künstler. Dabei berührten sich Fragen der Malmaterialien und Techniken, der Erhaltung, der Geschichte und der Provenienz der Gemälde wechselseitig. Eine ganze Reihe dieser Fragestellungen und Themen wurde durch Studierende im Rahmen von Semester- und Diplomarbeiten bearbeitet. Diese technologischen Basisuntersuchungen wurden schwerpunktmäßig in der Projektphase I bis 2006 erarbeitet.



Screenshot Homepage

Phase II (2007 – 2008): In der 2007 begonnenen Projektphase II folgten zerstörungsfreie Farbmessungen zur möglichst weitgehenden Bestimmung beziehungsweise Eingrenzung der verwendeten Farbmittel, um dann im Einzelfall mit besonderer Fragestellung die geplante Entnahme und naturwissenschaftliche Analyse von Bildschichtproben steuern zu können. Die vergleichende Auswertung und Interpretation aller Ergebnisse zielte dabei auch auf die Erarbeitung einer Sonderausstellung im Wallraf-Richartz-Museum, in der die Forschungsergebnisse dem Fach- und Laienpublikum im Zeitraum von Februar bis Juni 2008 präsentiert worden sind.

Internationale Zusammenarbeit

Eine Fülle von herausragenden und spannenden Ergebnissen der Reihenuntersuchung lag bereits früh vor und wurde alsbald von internationalen Fachleuten interessiert wahrgenommen. Dazu zählen auch die Mitglieder des 2005 einberufenen Beirats für dieses Forschungsprojekt, dem international renommierte Experten auf dem Gebiet der Malerei des Impressionismus und Postimpressionismus angehören. Dieser Beirat trieb die Diskussion und Bewertung der neu gewonnenen Erkenntnisse voran und erweiterte gleichzeitig das angestrebte Netzwerk der Zusammenarbeit und des Informationsaustausches.

Beirat und Partner:
Kunsthistorischer Beirat:

- Prof. Dr. Richard Brettell, Dallas, US
- Prof. Dr. Anthea Callen, Nottingham, GB
- Dr. Douglas Druick, Chicago, US
- Prof. Dr. John House, London, GB
- Dr. John Leighton, Edinburgh, GB
- Prof. Dr. Deborah Silverman, Los Angeles, US
- Dr. Susan Alyson Stein, New York, US
- Dr. Richard Thomson, Edinburgh, GB

Kunsttechnologischer Beirat

- Dipl.-Rest. Kathrin Kinseher, Leiterin der Studienwerkstatt für Maltechnik an der Akademie der Bildenden



Künste in München
- Prof. Dr. Peter Klein, Dendrochronologe, Ordinariat für Holzbiologie an der Universität Hamburg, holzanatomische Analyse der verwendeten hölzernen Bildträger
- Dr. Doris Oltrogge, FH Köln, zerstörungsfreie Untersuchung und Interpretation von Pigmentanalysen mittels der Vis-Spektrometrie
- Prof. Dr. Elisabeth Jägers; FH Köln, naturwissenschaftliche Analytik von Pigmenten und Bindemitteln
- Dr. Carla Cugini, Geschäftsführerin der Gesellschaft für moderne Kunst am Museum Ludwig, Köln, berät das Team bei Fragen zum Thema Physiologische Optik und Impressionismus

Publikation und Ausstellung

Die Forschungsergebnisse liegen nun vollständig als wissenschaftliche Online-Publikation in Deutsch und Englisch unter der Adresse www.museenkoeln.de/impressionismus vor. Hier werden Kurzberichte sowie hoch aufgelöste Fotos zu allen untersuchten Gemälden präsentiert. Darüber hinaus liefern weiterführende Texte, beispielsweise zu den Untersuchungsmethoden oder den zugrunde liegenden Konventionen, aber auch ein Glossar oder Studienarbeiten, die im Rahmen des Forschungsprojektes entstanden, wichtige Zusatzinformationen. Angesichts der angestrebten Fülle an Text- und Bildinformation und der früh getroffenen Entscheidung des Autorenteams, diese sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache anzubieten, geriet die Machbarkeit von Umfang und Finanzierung einer herkömmlichen Printpublikation schnell außer Frage. Demgegenüber bot sich das frei zugängliche Internet als Alternative an. Zugleich lassen sich die bestechenden Vorteile nutzen, die eine Datenbank gestützte Internetplattform ermöglicht wie beispielsweise die Katalogfunktion mit Filtern zur Sortierung der Ergebnisse.

Die Verfügbarkeit der Online-Publikation ist durch die Wahl der Adresse unter www.museenkoeln.de und die Verlinkung auf der Homepage des CICS auch langfristig gewährleistet und wird von den Herausgebern künftig betreut. Die Auffindbarkeit der Dokumente funktioniert im Rahmen des Internets bereits über die Verwendung von Suchmaschinen wie Google und die Verlinkung bei Fachinstituten sowie unter einschlägigen Wikipedia-Einträgen sehr gut. Ein Eintrag bei der Deutschen Nationalbibliothek in Frankfurt/Leipzig (http://www.d-nb.de), die sich zur Aufgabe gemacht hat, auch elektronisches Schriftgut zu sammeln, wird angestrebt. Auch die Aufnahme in der internationalen bibliographischen Fachdatenbank www.bcin.ca (aus der Selbstdarstellung des BCIN: „BCIN, the Bibliographic Database of the Conservation Information Network, is the Web's most complete bibliographic resource for the conservation, preservation and restoration of cultural property") wird den Zugriff auf diese jüngsten Forschungsergebnisse gewährleisten. All dies wird vielleicht auch dazu beitragen, dass der Modellcharakter der Kölner Online-Publikation zur Nachahmung anregt.

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse dieser Forschungen in einer Sonderausstellung einem breiten Publikum präsentiert, zu der auch ein Ausstellungskatalog erschien. Unter dem Titel „Impressionismus – Wie das Licht auf die Leinwand kam" zeichnete diese Ausstellung im Frühjahr 2008 im Wallraf-Richartz-Museum & Fondation Corboud in Köln den Weg von der „Impression", über das verfügbare Malmaterial, die „Tatorte" Atelier und Pleinair, die Maltechnik und Werkgenese bis hin zur Rezeption und Erhaltung der Bilder nach. Die Ausstellung, die wiederum von der RheinEnergieStiftung unterstützt wurde, lockte nahezu 90.000 Besucher an und zeigt, dass das Interesse an kunsttechnologischer Forschung sehr groß ist. Im Kontext der Ausstellung fand darüber hinaus ein internationales Symposium statt, bei dem einerseits Ergebnisse des Projektes, andererseits weitere aktuelle Forschungen zum Thema angesprochen wurden. Ein Großteil der Beiträge des Symposiums sind in der Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung im Band 2/2008 publiziert.

Hans Portsteffen

Taufbecken im Rheinisch-Bergischen Kreis

Da das Taufbecken neben Altar und Ambo zu den wichtigsten Liturgiegeräten beziehungsweise Prinzipalstücken einer Kirche gehört und somit in jeder Kirche mindestens einmal vorhanden ist, lässt sich ein recht genauer Überblick über die Situation im Rheinisch-Bergischen-Kreis festhalten. Insgesamt sind es 75 Taufsteine, Taufbecken oder Taufständer – kurz Taufen – genannt, die vom 12. Jahrhundert bis in das 21. Jahrhundert datiert werden können. Im Rahmen eines Seminars wurden diese Taufen durch Architekturstudentinnen und Studenten im Laufe des letzten Jahres sukzessive erfasst und entsprechend dokumentiert.

Taufen in Romanik, Gotik und Barock

Die Taufen der romanischen Zeit zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass ihre Glieder durchweg breit und schwerfällig angelegt sind. Die Cuppa ist in der Regel rund oder sechseckig, der sie tragende Schaft besteht entweder nur aus einem Mittelzylinder oder wird zusätzlich durch weitere Säulchen ergänzt, die vor allem den



Taufe in St. Johann Baptist, Kürten, 12. Jh.

Abstract

Das Forschungsprojekt hatte zum Inhalt, sämtliche Taufsteine, Taufbecken und Taufständer im Rheinisch-Bergischen Kreis zu erfassen – sowohl in katholischen als auch in evangelischen Kirchen. „Taufen" werden, ähnlich wie andere Ausstattungsstücke einer Kirche, kaum wahrgenommen – mit Ausnahme des Altars. Doch gerade der Taufstein ist einer der wichtigsten Bestandteile einer Kirche. Denn dort wird das Sakrament der Taufe empfangen und Christen „geboren". Neben dem Ziel, einen Überblick über den Bestand an Taufen im Untersuchungsgebiet zu gewinnen, gab es einen weiteren Projektschwerpunkt: fast alle Bildhauer und Architekten, die sich zu ihrer Zeit mit diesem liturgischen Gerät auseinandergesetzt haben, sie entworfen oder gar selbst aus dem Stein geschlagen haben, wurden ebenfalls dokumentiert. Die Beispiele stammen mehrheitlich aus jüngster Zeit, reichen aber auch bis in das 12. Jahrhundert zurück.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Michael Werling
Fakultät für Architektur
Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege
michael.werling@fh-koeln.de



Rand des Beckens stützen helfen. Die ursprünglichen, vermutlich aus Holz bestehenden Taufsteindeckel, sind längst nicht mehr erhalten, sodass heute moderne Abdeckungen, in der Regel aus Metall, die Taufen zieren.
In der gotischen Epoche wurden die einzelnen Elemente merklich schlanker und gewannen an Höhe. Plastische Verzierungen schmückten Cuppa und Deckel. Im Untersuchungsgebiet fand sich dazu kein Beispiel mehr.
Lediglich aus der Zeit des Barock gibt es wieder einige Taufen, die die Lust am Schmücken und Profilieren erkennen lassen. Der Cuppa liegt im Barock schon das Achteck zugrunde, die Sockelausbildungen sind mehrfach getreppt und gestuft ausgeführt, und die Schaftausbildungen gleichen balusterartigen Architekturelementen.

Vereinfachter Stil im 20.Jahrhundert

Sehr viele Taufen sind allerdings aus dem 19.Jahrhundert vorhanden. Sie verfügen mehrheitlich über die schon erwähnte polygonale Cuppa. Im Zuge des Historismus sind romanische und gotische Verzierungen und Muster sehr häufig anzutreffen. Die Sockel zeigen attische Basen einschließlich Eckzier, die Schäfte werden mit Blendmaßwerk versehen, und die Beckenwandungen zeigen ebenfalls reichlich Blatt- und Rankenwerk oder filigran bearbeitete Dekorationen. Die dazugehörigen Taufdeckel sind entweder aus Holz oder in Metall gefertigt. Sie sind der achteckigen Cuppa angepasst, verziert und in der Regel mehrfach gestuft und geschwungen gearbeitet und mit einem Kreuz, Blattzapfen oder Taubenmotiv als Bekrönung abgeschlossen.
Seit der Mitte des 20.Jahrhunderts lässt sich wieder eine Vereinfachung des Stils in Form und Verzierung feststellen. Die klassische Grundstruktur in Form von Sockel, Schaft und Cuppa, die über die Jahrhunderte konstant beibehalten wurde, wird sukzessive aufgegeben. In dieser Zeit steht das Zurücktreten rein ästhetischer Gestaltungsprinzipien im Vordergrund.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist seit Januar 2009 im Buchhandel erhältlich (ISBN 3-932326-53-9). Für die Zukunft wird an ein ähnliches Projekt für die Taufen in den Sakralräumen der Stadt Köln gedacht.

Michael Werling



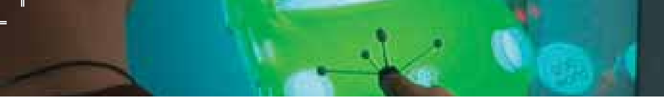


(oben) Taufe in St. Johann Baptist, Leichlingen, Anfang des 20. Jh ; (unten) Taufe in St. Johann Baptist, Bergisch Gladbach-Refrath, um 1980.



CLUSTER 4

INTERDISZIPLINÄRE FAHRZEUGSYSTEMENTWICKLUNG



Risikoanalytik in der Fahrzeugtechnik unter Einsatz von empirischen Fahrzeuglaufleistungsprofilen und Mischpopulationsansätzen (WCF-Approach)

Die Zuverlässigkeit eines Fahrzeuges ist eines der entscheidenden Kriterien für die Beurteilung aus Kundensicht. Unabhängig von der Käuferschicht und der angestrebten Preisklasse ist der Kunde an einem Fahrzeug mit hoher Qualität und Zuverlässigkeit interessiert, damit Werkstattaufenthalte auf ein Minimum reduziert und ein maximaler Wiederverkaufswert erzielt werden kann.

Diese Grundeinstellung betrifft gleichermaßen sowohl die Gewährleistungszeit als auch die Zeit nach Auslauf der Garantie bis zum Ende des Fahrzeuglebenszyklus. In beiden Phasen ist der Nutzer nicht bereit, aufgrund eingeschränkter Fahrzeugfunktionen oder totalen Fahrzeugausfalls, Werkstattaufenthalte hinzunehmen.

Aus Herstellersicht erfolgt die Entwicklung eines zuverlässigen Fahrzeuges daher unter Herauforderungen, die eine stetige Steigerung aus Sicht der Märkte in vielerlei Hinsicht erfahren: Einerseits muss die Auslegung eines Fahrzeugs auf Langlebigkeit erfolgen, um den skizzierten Grundanforderungen aus Kundensicht zu genügen. Andererseits fordert der Markt eine zunehmende Fahrzeugfunktionalität, was eine direkte, exponentiell zunehmende Bauteil- und Systemkomplexität zur Folge hat.

Ein Symptom – viele Schadenskausalitäten

Durch die steigende Fahrzeug- und Bauteilkomplexität nimmt die Anzahl der zu erwartenden Schadenssymptome und damit verbundenen Schadenskausalitäten während der Nutzungsphase im Feld zu. Häufig können jedem Schadenssymptom, etwa einem Fahrzeug-Ausfall durch Drehstromgeneratordefekt, mehrere mögliche Schadenskausalitäten zugeordnet werden – beispielsweise ein Lagerschaden, ein Schleifringverschleiß oder ein Korrosionsschaden.

In diesem Zusammenhang stellen die seitens des Fahrzeugherstellers häufig eingesetzten Gleichteil- oder COP-Strategien (COP = Carry over part) zum wirtschaftlich optimalen Einsatz der einmal entwickelten Bauteile und Baugruppen ein besonderes Risiko, zumindest aber eine große Herausforderung, dar: Die Gleichteilestrategie – oder Konzernteilstrategie – sieht den kostenoptimalen Einsatz der einmal entwickelten Baukomponente in verschiedene Fahrzeugmodelle oder Baureihen des Fahrzeugherstellers vor. Die COP-Strategie sieht die Bauteilübernahme ohne konstruktive Veränderung der aktuellen Fahrzeuggeneration in die Nachfolgegeneration vor.

Erweist sich jedoch das Bauteil im Feldeinsatz als nicht zuverlässig, besteht für den Hersteller das hohe Risiko von vermehrten Feldschadensfällen im Rahmen der Gleichteil- beziehungsweise COP–Strategie sowie den damit verbundenen Gewährleistungs- und Kulanzkosten.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird eine Vorgehensweise vorgestellt, wie der notwendige statistische Nachweis zur Bauteilzuverlässigkeit im Feld zur Vermeidung eines Risikos in der Gleichteile-/COP-Strategie geführt werden kann.

Die Entwicklung zuverlässiger Fahrzeug-Komponenten

Eine Entwicklung langlebiger und zuverlässiger Fahrzeug-Komponenten setzt folgende Basiskenntnisse voraus:

- zu erwartendes Fahrzeuglaufleistungsprofil (Nutzung durch den Kunden): dabei kann zwischen den Laufleistungsparametern Wegstrecke [km] sowie Betriebsdauer [t] des Fahrzeuges bzw. der Komponente differenziert werden. Auslegungsbeispiel Drehstromgenerator: Normalbetrieb 2.300 h; 3.900 h Stadtbetrieb; Wegstrecke 250.000 km
- Risikoanalysen hinsichtlich neu entwickelter Baukomponenten:
  Prognose der zu erwartenden Schadenskausalitäten und die resultierenden, potentiellen Ausfallverhalten auf Basis von Erprobungs-/Felddaten
- Die Fahrzeug- oder Komponentenbeanspruchung in den potentiellen Betriebszuständen, etwa Normalbetrieb oder Misuse, abgebildet über Belastungsprofile

Ziel der Forschungsarbeiten

Der vorliegende Bericht zeigt Ergebnisse von Forschungsarbeiten und empirischen Feldstudien, die einen Beitrag im Rahmen einer präventiv ausgerichteten Qualitätsarbeit bei der Entwicklung zuverlässiger Baukomponenten leisten. Im ersten Teil werden die Ergebnisse von empirischen Studien zur Ermittlung von Fahrzeuglaufleistungsprofilen im Feld skizziert und an verschiedenen Fahrzeugklassen sowie Fahrzeugmodellen aufgezeigt. Im zweiten Teil werden Anwendungsfelder von empirisch ermittelten Laufleistungsprofilen in der Risikoanalytik im Rahmen der Bauteilentwicklungsphase aufgezeigt. Anhand des realitätsnahen Fallbeispiels „Drehstromgenera-

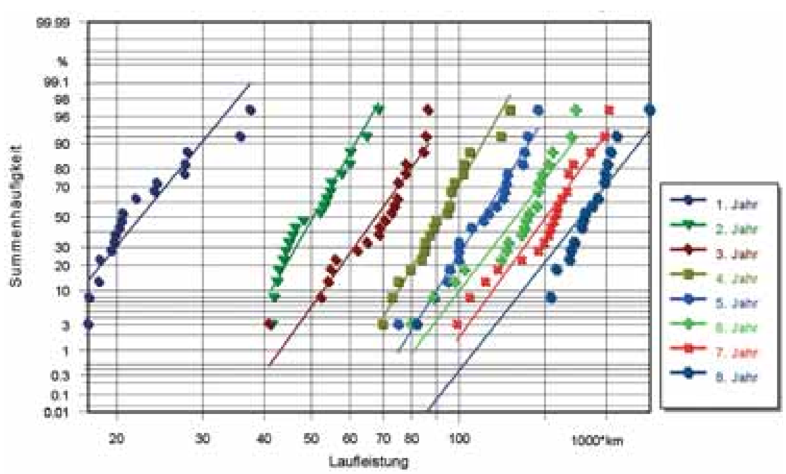


Abb. 1: Zeitpunktgenaue, exakte Fahrzeuglaufleistungsprofile am Beispiel des Fahrzeugmodells „Mercedes Benz C-Klasse - Diesel" über eine Nutzungszeit von acht Jahren in doppelt-logarithmischer Darstellung.

tor-Ausfall“ wird im Rahmen einer Zuverlässigkeitsanalyse das Ausfallverhalten von Drehstromgeneratoren innerhalb des Fahrzeuglebenszyklus ausgewertet und statistische Schadensfallprognosen differenziert nach Fahrzeugklassen durchgeführt. Die Zuverlässigkeitsanalyse liefert einen Beitrag zur Fehlervermeidung innerhalb der Bauteilentwicklung der Nachfolger-Fahrzeuggeneration: Das Feldrisiko von erkannten Bauteil-Schwachstellen kann abgeschätzt werden und die Entscheidung zur Bauteilübernahme (COP-Teil) oder Bauteilneuentwicklung fundiert getroffen werden. Damit wird explizit das oben skizzierte Risiko hinsichtlich einer Gleichteil-/Konzernteilstrategie beziehungsweise COP-Strategie berücksichtigt und dargestellt.

Erster Teil: Empirische Studien zur Ermittlung von Fahrzeug-Laufleistungsverteilungsmodellen

Grundsätzlich sind zwei Formen von Fahrzeug-Laufleistungsverteilungsmodellen möglich:

1) Die Erstellung von exakten, zeitpunktgenauen Laufleistungsverteilungsmodellen. Diese Modellform lässt exakte Aussagen (Wahrscheinlichkeiten) zu definierten Zeitpunkten innerhalb des Fahrzeuglebenszyklus sowie Aussagen zur Laufleistungsentwicklung zu.
2) Die Erstellung normierter Laufleistungsverteilungsmodelle, etwa mit einem Bezugszeitraum von einem Monat oder einem Jahr. Auf Basis dieser Modelle können Aussagen zur Fahrzeug-Laufleistungsverteilung linear für eine Bestimmte Nutzungsdauer errechnet werden.

Ausgangsbasis und statistische Grundlagen

Ziel der empirischen Studie ist die Erstellung von repräsentativen Laufleistungsprofilen über das gesamte Spektrum der gängigen Fahrzeugtypen und –klassen sowie eines üblichen Fahrzeuglebenszyklus von 15 Jahren.

Zunächst wurden verbreitete Fahrzeugmodelle in-/ausländischer Hersteller klassiert, da das Nutzungsverhalten der Kunden sich etwa in Abhängigkeit des Fahrzeugmodells sowie der Fahrzeugwertigkeit stark unterscheidet (vgl. Tab. 1). Für jede Fahrzeugklasse, beispielsweise die Obere Mittelklasse, wurden repräsentative Fahrzeugmodelle ausgewählt: Mercedes-Benz E-Klasse und BMW 5xx. Des weiteren wurde eine Differenzierung der Fahrzeugmodelle anhand der Karosserieform wie Stufenheck oder Kombi, Motorisierung, etwa Benzin oder Diesel sowie Motorleistung, beispielsweise 81 oder 110 kW vorgenommen.

Auf Basis dieser Unterscheidungsmerkmale wurde die Datenerhebung bei Fahrzeugen mit einer Feld-Laufzeit von minimal einem Jahr bis maximal 15 Jahren über Referenzstichproben durchgeführt.

Die Grundlage der statistischen Beschreibung von Laufleistungsprofilen bildet die logarithmische Normalverteilung (vgl. Gl. 1 und 2; vgl. auch [1]) basierend auf der Normalverteilung nach Gauß. Sie enthält die Laufzeitvariable x (hier: Wegstrecke [km] oder Nutzungszeit [d]), den Lageparameter μ sowie das Streuungsmaß σ.

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(\lg(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{t \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(\lg(t)-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (2)$$

Die logarithmische Normalverteilung eignet sich am besten zur Abbildung von Laufleistungsprofilen: Dies gilt sowohl für normierte als auch für exakte, zeitpunktbezogene Profile. Der Nachweis dafür wurde im Rahmen der empirischen Feldstudien für jedes Fahrzeugmodell sowie Fahrzeugklasse über einen Chi-Quadrat-Anpassungstest und zusätzlich über eine Regressionsanalyse geführt (vgl. [5]). Einzige Ausnahme können Fahrzeug-Laufleistungsprofile bilden, die eine ausgeprägt hohe Fahrzeug-Nutzungszeit widerspiegeln – etwa 10 Jahre Mindest-Laufzeit: Das Laufleistungsverteilungsmodell geht von einer logarithmischen in eine klassische Normalverteilung nach Gauß über.

Bei der Erstellung normierter Laufleistungsverteilungsprofile ist die Zusammenstellung der Referenzstichproben zu berücksichtigen: Sie enthält repräsentative Anteile von jüngeren sowie älteren Fahrzeugen eines Fahrzeugmodells, die je Fahrzeug erzielten Laufzeiten sind normiert, beispielsweise Bezugsbasis ein Jahr [1]. Werden nun Laufleistungswahrscheinlichkeiten für eine bestimmte Nutzungsdauer benötigt, etwa bei Zuverlässigkeitsanalysen, wird für den gewünschten Zeitpunkt die Laufleistung oder Wahrscheinlichkeit derselbigen linear errechnet.

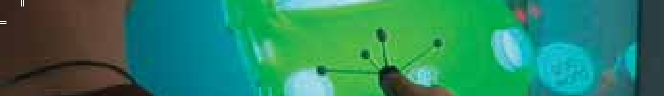
Ergebnisse zur Ermittlung empirischer Laufleistungsprofile

Die Abb. 1 zeigt exakte, zeitpunktbezogene Laufleistungsverteilungen am Beispiel des Fahrzeugmodells „Mercedes-Benz C-Klasse (Diesel)“ in einer Langzeitbetrachtung von acht Jahren: Zu erkennen sind repräsentativ ausgewählte Stützstellen für die jeweilig dargestellte Verteilungsfunktion sowie das Verteilungsmodell. Des weiteren ist der typische Anstieg der Lage- sowie Streuungsparameter der Laufleistungsverteilungen im jeweiligen Nutzungsjahr (2000 – 2008) in Abhängigkeit der Fahrzeug-Nutzungszeit zu sehen.

Die Abb. 2 zeigt die Dichtefunktionen der gesamten Fahrzeugklasse „Mittelklasse“ – (vgl. Tabelle 1) repräsentiert durch die Fahrzeugmodelle „Mercedes-Benz C-Klasse“, „BMW 3xx“ sowie „Audi A4“ – in einer Langzeitbetrachtung über acht Jahre. Zu erkennen ist hier ebenfalls der typische Anstieg der Laufleistungsverteilungsparameter Mittelwert sowie Streuung in Abhängigkeit

1.	**Kleinstwagen:** Renault Twingo, Fiat Panda, VW Lupo, VW Fox, Ford Ka
2.	**Kleinwagen:** VW Polo, Ford Fiesta, Opel Corsa, Skoda Fabia, Seat Ibiza
3.	**Untere Mittelklasse:** VW Golf, Opel Astra, Ford Focus, Mercedes-Benz A-Klasse
4.	**Mittelklassewagen:** Audi A4, Mercedes-Benz C-Klasse, VW Passat, BMW 3er
5.	**Obere Mittelklasse:** Mercedes-Benz E-Klasse, BMW 5xx, Audi A6
6.	**Oberklasse:** BMW 7xx, Audi A8, Mercedes-Benz S-Klasse
7.	**Premium-Sportwagenklasse:** Porsche 911, BMW M5, Jaguar XKR, Ferrari 360
8.	**Van:** Ford Galaxy, Renault Espace, Citroen Picasso, Opel Meriva
9.	**SUV:** Porsche Cayenne, VW Touareg, BMW X5, Mercedes-Benz ML
10.	**Off Road:** Mitsubishi Pajero, Jepp Grand Cherokee, Nissan Patrol
11.	**Transporter:** Ford Transit, Fiat Ducato, Peugeot Expert, Mercedes-Benz Vito
12.	**Kompakt-Sportwagen:** Audi TT, BMW Z3, Porsche Boxster
13.	**Cabrio:** Renault Megane, Peugeot 206CC, BMW 3xx, VW Golf

Tabelle 1: Fahrzeugklassierung und Beispiele für zugeordnete Fahrzeugmodelle



der absolvierten Fahrzeug-Nutzungszeit (2000–2008) und darausfolgend die kontinuierliche Absenkung des Extremwertes. Auch der Übergang von einer nachweisbar logarithmischen Verteilung bei geringer Nutzungszeit, etwa 2006, zum annähernd normalverteilten Profil, etwa 2000, ist gut erkennbar. Dieser Übergang erfolgt beispielsweise bei der Fahrzeugklasse „Transporter" mit durchschnittlich höherer Laufleistungen, zu deutlich früherem, bei der Fahrzeugklasse „Premium-Sportwagen" zu einem späteren Zeitpunkt.

Somit liefern exakte Laufleistungsprofile sehr gute Aussagen zu definierten Zeitpunkten innerhalb eines Fahrzeuglebenszyklus: Es können Aussagen zu potentiellen Laufleistungswahrscheinlichkeiten, deren Streuungen sowie Durchschnittswerte getroffen werden. Zudem kann die Laufleistungsentwicklung, etwa mittels Lage- und Streuungsparameter, analysiert werden.

Die Abb. 3 zeigt normierte Laufleistungsprofile verschiedener Fahrzeugmodelle mit einer Bezugsbasis von einem Jahr aus den Fahrzeugklassen „Kompakt-Sportwagen" für die Fahrzeugmodelle Porsche Boxster und BMW Z3/Z4, der „oberen Mittelklasse" für die Fahrzeugmodelle BMW 5xx und Mercedes-Benz E-Klasse sowie der „Premium-Sportwagenklasse" für das Fahrzeugmodell Ferrari 360.

Erkennbar ist, dass die Fahrzeuge BMW 5xx und Mercedes-Benz E-Klasse vergleichbare Laufleistungsprofile mit äußerst geringer Differenz aufweisen und als repräsentativ für die obere Mittelklasse gelten können. Gleiches gilt für das Sportwagensegment, hier repräsentiert durch die nahezu identischen Laufleistungsverteilungen der Fahrzeuge Porsche Boxster (986) sowie BMW Z3/Z4. Des weiteren wird das Fahrzeugmodell Ferrari 360 aus dem Premium-Sportwagensegment als Sonderfall aufgeführt. Dieses Verteilungsmodell zeichnet sich erwartungsgemäß durch die äußerst geringen – normierten – Verteilungsparameter Lage sowie Streuung aus.

Zweiter Teil: Risikoanalytik in der Bauteilentwicklung unter Zuhilfenahme von Fahrzeuglaufleistungsprofilen

Die Entwicklung langlebiger und zuverlässiger Bauteile und Fahrzeuge setzt in den frühen Phasen der Produktkonstruktion unter anderem die genaue Kenntnis möglicher Schadenskausalitäten beim späteren Feldeinsatz voraus. Sind genaue statistische Beschreibungen und Prognosen der zu erwartenden Schadenskausalitäten innerhalb des Fahrzeuglebenszyklus (Feld) bekannt, ermöglicht dieses eine konstruktiv sichere Bauteilauslegung, um Schwachstellen präventiv zu vermeiden. Basis für eine statistische Beschreibung des Bauteil-Ausfallverhaltens sowie von Schadenskausalitäten können zwei grundlegende Informationsarten sein:

1) Gewinnung von Schadensdaten aus der aktuellen Produkt-Entwicklungsphase im Rahmen von Prototypentest- und -erprobungsläufen
2) Erhebung von Felddaten aus dem Produktlebenszyklus der vorhergehenden Produktgeneration (bereits im Feldeinsatz).

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird das an die Realität angelehnte Fallbeispiel „Drehstromgenerator-Ausfall" vorgestellt: Entschieden werden soll auf Basis einer Risikoanalyse, ob ein Drehstromgenerator, bei dem Feld-Schadensfälle bekannt sind, als COP-Teil konstruktiv unverändert in die nachfolgende Fahrzeuggeneration innerhalb zweier Fahrzeugklassen übernommen werden kann.

Risikoanalyse: Berechnung und Prognose

Aus der aktuellen Drehstromgenerator-Generation seien drei Schadenskausalitäten aus dem Feld bekannt: Ein Frühausfall im Kilometer (km)-Spektrum 0 – 15.000 km mit Schadenskausalität „Stromregler defekt" sowie zwei laufzeitbedingte Spätausfälle im km-Spektrum 100.000–150.000 km mit Schadenskausalität „Schleifringverschleiß" beziehungsweise 160.000-240.000 km mit Schadenskausalität „Lagerschaden". Zusätzlich sind zwischen 20.000 und 70.000 km einige zufällig bedingte Ausfälle bekannt. In Summe liegen somit ca. 180 Feld-Schadensfälle vor.
Bei einfachen Schadenskausalitäten wird zur statistischen Beschreibung des Ausfallverhaltens gemäß Stand der Technik eine Weibullverteilung verwendet (vgl.

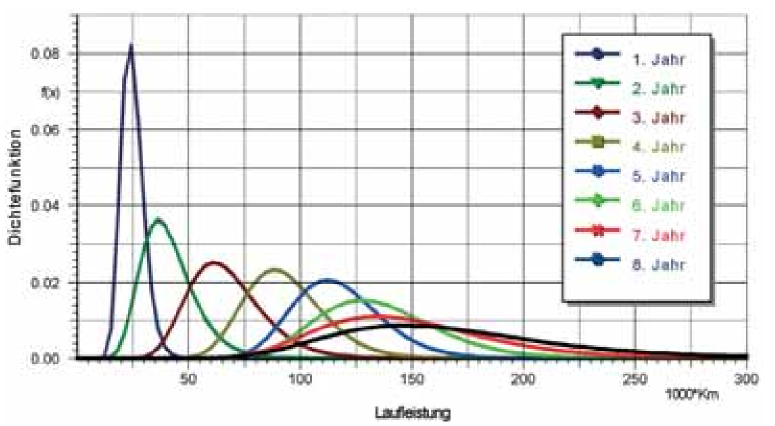


Abb. 2: Dichtefunktionen von zeitpunktgenauen, exakten Fahrzeuglaufleistungsprofilen am Beispiel der Fahrzeugklasse „Mittelklasse" in einer Langzeitbetrachtung über acht Nutzungsjahre

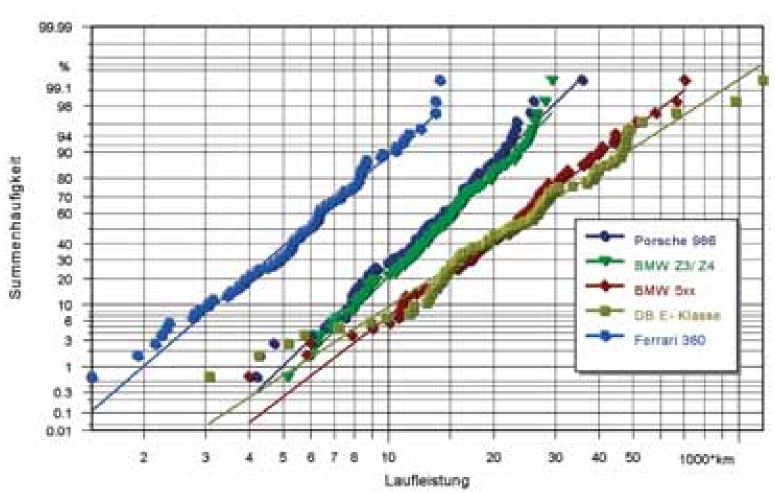


Abb. 3: Verteilungsfunktionen von normierten Fahrzeuglaufleistungsprofilen am Beispiel von Fahrzeugmodellen der Fahrzeugklassen „Kompakt-Sportwagen", „obere Mittelklasse", „Premium-Sportwagen Klasse"

Gl. 3; [2]). Die Weibullverteilung enthält den Laufzeitparameter x (hier: Wegstrecke [km]) sowie den Lageparameter T und Formparameter b. Bei mehreren, seriell aufeinanderfolgenden Schadenskausalitäten reicht dieser Ansatz häufig aufgrund möglicher hohen Abweichungen, speziell bei starker Gradientenänderung (vgl. Abb. 4; etwa x = 100.000 km), nicht aus [4]. In diesen Fällen verspricht ein gewichteter Mischpopulationsansatz (Weighted Combined Function (WCF)-Approach) ein gute statistische Beschreibung des Ausfallverhaltens (vgl. Gl. 4, [3]).

$$F_{WD}(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{T}\right)^{b}} \tag{3}$$

$$F_{WCF}(x) = \frac{n_1}{n}\left(1 - e^{-\left(\frac{x}{T_1}\right)^{b_1}}\right) + \frac{n_2}{n}\left(1 - e^{-\left(\frac{x}{T_2}\right)^{b_2}}\right) + \frac{n_3}{n}\left(1 - e^{-\left(\frac{x}{T_3}\right)^{b_3}}\right) + \frac{n_4}{n}\left(1 - e^{-\left(\frac{x}{T_4}\right)^{b_4}}\right) \tag{4}$$

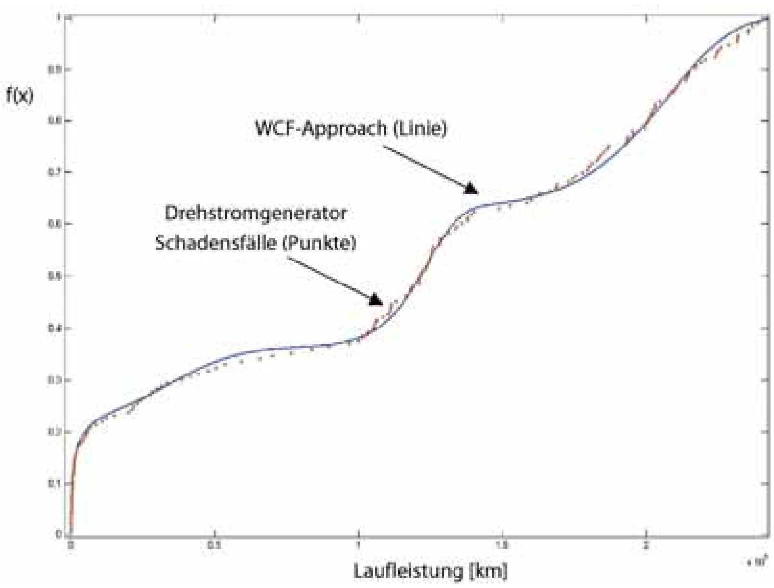


Abb. 4: Statistische Beschreibung des Drehstromgenerator-Ausfallverhaltens durch einen gewichteten Mischpopulationsansatz (WCF-Apporach

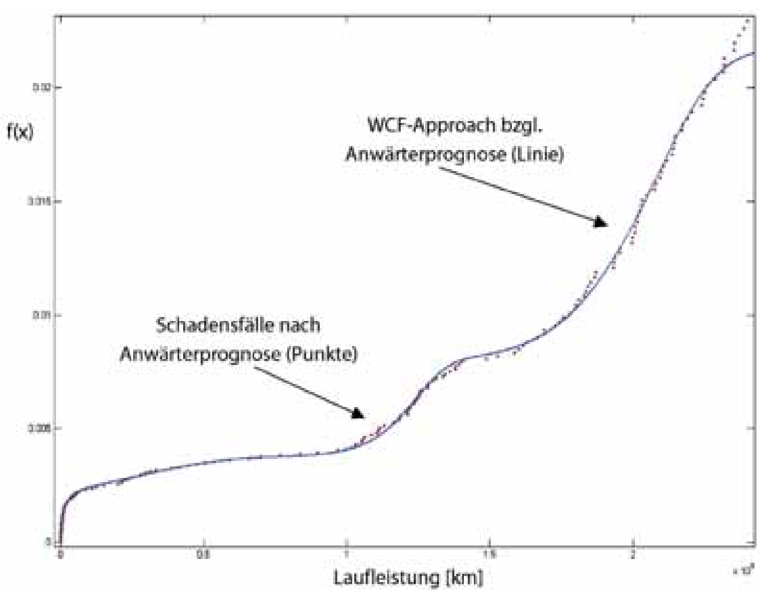


Abb. 5: Prognose des Drehstromgenerator-Ausfallverhaltens bezüglich der Grundgesamtheit aller produzierten Fahrzeuge unter Berücksichtigung des empirischen Laufleistungsprofils

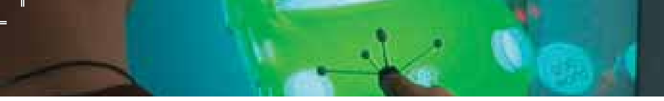
Die Abb. 4 zeigt das Ergebnis der Datenauswertung: Dargestellt ist die Summenhäufigkeit der bekannten Drehstromgeneratoren-Schadensfälle. Des weiteren ist eine gewichteter Mischpopulationsansatz (WCF-Approach) $F_{WCF}(x)$ unter Verwendung einer Weibullverteilungsfunktion $F_{WD}(x)$ (vgl. Gl. 3) mit insgesamt zwölf Parametern zu erkennen. Die Parameter, vier Gewichtungsfaktoren und acht Lage- oder Formparameter, wurden mittels Trust-Region-Verfahren berechnet. Somit ist das Drehstromgenerator-Ausfallverhalten im km-Spektrum von 0 – 250.000 km über einen großen Teil des zu erwartenden Fahrzeuglebenszyklus beschrieben.

Im darauffolgenden Schritt wird das beschriebene Ausfallverhalten auf die abgesetzte Fahrzeugstückzahl (Grundgesamtheit) umgerechnet. Zur Umrechnung wird das Anwärterprognoseverfahren nach Eckel eingesetzt, da es explizit normierte Laufleistungsprofile der im Feld befindlichen Fahrzeuge berücksichtigt [1]. Der Drehstromgenerator soll beispielsweise in einem Fahrzeugmodell der Fahrzeug-„Oberklasse" zum Einsatz kommen (vgl. Tab. 1), daher wird ein entsprechendes Kunden-Laufleistungsprofil (vgl. Abb. 3) herangezogen.
Das resultierende Ausfallverhalten des Drehstromgenerators bezogen auf die Grundgesamtheit zu produzierender Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeug-„Oberklasse" zeigt Abb. 5.

Auf Basis dieser Berechnung kann nun die Ausfallwahrscheinlichkeit des Drehstromgenerators hinsichtlich des größten Teils des Fahrzeuglebenszyklus, in diesem Fall 0 bis 250.000 km, angegeben werden. Beispielsweise beträgt die Wahrscheinlichkeit eines Fahrzeug-Ausfalls bei einer Wegstrecke von 200.000 km ca. 1,3 Prozent. Zusätzlich können mittels exakter, zeitpunktgenauer Laufleistungsprofile für die genannten Fahrzeugklassen Angaben zur Menge der betroffenen Fahrzeuge zu wichtigen Fahrzeuglebenszyklus-Zeitpunkten wie Gewährleistungszeitraum oder Inspektionsintervall getroffen werden. Ist etwa ein Gewährleistungszeitraum von zwei Jahren vorgesehen, lässt sich die Anzahl der zu erwartenden Gewährleistungsfälle/-kosten auf Basis eines exakten, zeitpunktgenauen Laufleistungsverteilungsmodells und der errechneten Prognose (zwei Jahre Nutzungszeit; vgl. auch Abb. 1 u. 2) abschätzen.
Die Risikoanalyse erlaubt somit eine umfassende Bewertung des Drehstromgenerator-Ausfallverhaltens und kann hinsichtlich einer potentiell geplanten Gleichteil-/Konzernstrategie sowie COP-Strategie unterstützend verwendet werden. Des weiteren gibt die Risikoanalyse fundierte Hinweise zur Verbesserung von Auslegung und Konstruktion der neuen Generation Drehstromgeneratoren.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden für 13 Fahrzeugklassen insgesamt 120 repräsentative Fahrzeug-



laufleistungsprofile ermittelt und statistisch in Form von zeitpunktgenauen oder normierten Verteilungsmodellen beschrieben. Die Anwendung von Fahrzeuglaufleistungsprofilen im Rahmen der Risikoanalytik zur Berechnung des potentiellen Ausfallverhaltens wurde an verschiedenen Fallbeispielen dargestellt. Der Fokus liegt auf der statistischen Analyse komplexer, serieller Schadenskausalitäten in Bezug auf den Fahrzeuglebenszyklus. Das Ergebnis der Risikoanalyse unterstützt somit unternehmerische sowie entwicklungsspezifische Entscheidungen hinsichtlich Gleichteilestrategie, COP-Strategie, Produktzuverlässigkeitsbewertungen sowie Produktoptimierungsmöglichkeiten.

Die Forschungsarbeiten konzentrieren sich zukünftig auf die Erkennung von komplexen – seriellen, parallelen, überlappenden – Schadensstrukturen bei technisch anspruchsvollen Bauteilen und Systemen in der Fahrzeugtechnik. Leitlinie ist hierbei die umfassende Schadensfrüherkennung beziehungsweise präventive Qualitätsabsicherung nachfolgender Fahrzeug- und Bauteilgenerationen.

Stefan Bracke

Literatur

[1] Meyna, A., Pauli, P.: *Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik.* Carl Hanser Verlag, München, Germany (2003)

[2] Linß, G.: *Qualitätsmanagement für Ingenieure.* Carl Hanser Verlag, München 2005

[3] Bracke, S.: *Contribution for a sustainable design of complex mechatronic automotive products using statistical damage prediction models in the early product construction phase to prevent damage causes.* Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering (29.08. – 01.10.2008), Pusan National University, Busan, Korea

[4] Bracke, S.; Haller, S.: *Defekt – aber warum? Softwarealgorithmus analysiert komplexe Schadenssymptome.* Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), Ausgabe 11 (2008)

[5] Sachs, L.: *Angewandte Statistik.* Springer Verlag, Berlin (2002).

Abstract

Die zunehmende Fahrzeugkomplexität führt vielfach auch zu komplexen Schadenssymptomen. Eine Prognose der zu erwartenden Feldausfälle sowie die gezielte Bauteil-/Prozessoptimierung setzt eine präzise statistische Beschreibung der dem Symptom zugrunde liegenden Schadenskausalitäten voraus. Der vorliegende Bericht zeigt im ersten Teil Ergebnisse empirischer Feldstudien zur Ermittlung von Fahrzeug-Laufleistungsprofilen. Der zweite Teil liefert Ergebnisse von Forschungsarbeiten zur Durchführung von Risikoanalysen bei komplexen technischen Schadenskausalitäten unter kombiniertem Einsatz von empirischen Fahrzeuglaufleistungsprofilen sowie Mischpopulationsansätzen (WCF-Approach). Basis für die vorliegende, anwendungsorientierte Forschungsarbeit sind zahlreiche durchgeführte Risikoanalysen für die Automobil- und Zuliefererindustrie.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Stefan Bracke
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion
Institut für Produktion
Stefan.bracke@fh-koeln.de

Projektbeteiligter

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Stephan Haller

HiL-Simulation für die Entwicklung von Lenksystemen – Bedarf an innovativer Entwicklungsmethodik

Stetig steigende Ansprüche an Energieeffizienz, Komfort und Sicherheit sind die treibenden Kräfte in der Entwicklung mechatronischer Systeme im Kraftfahrzeug. Diese Anforderungen gelten besonders für den Bereich der Lenksysteme. Hier setzen sich zunehmend elektrische Servolenkungen durch, die in ihrer Funktionalität durch den Einsatz von Software zur Steuerung und Regelung ständig erweitert werden. Hinzu kommt ein steigender Wettbewerbsdruck, der zunehmende Effizienzsteigerungen und kürzere Entwicklungszeiten fordert. Daraus entsteht ein Bedarf an innovativer Entwicklungsmethodik. Eine Möglichkeit, dem zu begegnen, ist die Verlagerung von Tests mit Prototypen in die HiL-Simulation.
In der Entwicklung von Lenksystemen können beispielsweise aufwendige Tests vom Fahrzeug an einen HiL-Prüfstand verlagert werden. Zu diesem Zweck hat das Kölner Labor für Mechatronik, das Cologne Laboratory of Mechatronics (CLM), an der Fachhochschule (FH) Köln in einem Kooperationsprojekt mit der DMecS GmbH & Co. KG ein Torque-Feedback-Lenkrad für die Entwicklung von Lenksystemen aufgebaut. Dieses ermöglicht es, eingebunden in die HiL-Simulation mit einem detaillierten Modell einer Lenkung, ein realistisches Lenkgefühl zu vermitteln. Den HiL-Prüfstand zeigt Bild 1.

Das Systemverhalten einer Lenkung kann damit in der frühen Entwicklungsphase der Simulation konzeptionell entwickelt und analysiert, durch konstruktive und regelungstechnische Maßnahmen optimiert und vor ersten Fahrversuchen vorabgestimmt werden. Diese Verwendung des HiL-Prüfstandes wird im Folgenden für die Entwicklung einer EPS-Lenkung beschrieben.

Die EPS-Lenkung im Fahrzeug-Gesamtsystem
Bild 2 zeigt die schematische Darstellung einer EPS-Lenkung im Fahrzeug-Gesamtsystem.

Die Lenkung, bestehend aus der Lenkmechanik und dem EPS-Aktor mit Regler, steht mit dem Fahrzeug und der Fahrbahn sowie dem Fahrer in Wechselwirkung. Für die Realisierung des Gesamtsystems aus Bild 2 im HiL-Prüfstand werden verschiedene echtzeitfähige Modelle benötigt, die im Folgenden erläutert werden.



Bild 1: HiL-Prüfstand mit Torque-Feedback-Lenkrad

Für die Lenkmechanik der EPS-Lenkung wird für die Vermittlung eines realistischen Lenkgefühls ein detailliertes Modell benötigt, das sämtliche Effekte beinhaltet, die sich auf das Lenkmoment auswirken. Dazu werden in einem Mehrkörpermodell (Bild 3) alle Trägheiten, Reibungen, Elastizitäten und Übersetzungen berücksichtigt.

Je nach Zielsetzung können für die Nachbildung der Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn unterschiedliche Modelle zum Einsatz kommen. Für Lenkbewegungen bei einem stehenden Fahrzeug kann auf ein Reibmodell [1] zurückgegriffen oder für weiterführende Untersuchungen ein Reifenmodell [2], [3] eingesetzt werden.
Für die Regelung der EPS-Lenkung kann der im folgenden Bild 4 dargestellte EPS-Regler [4] zum Einsatz kommen.

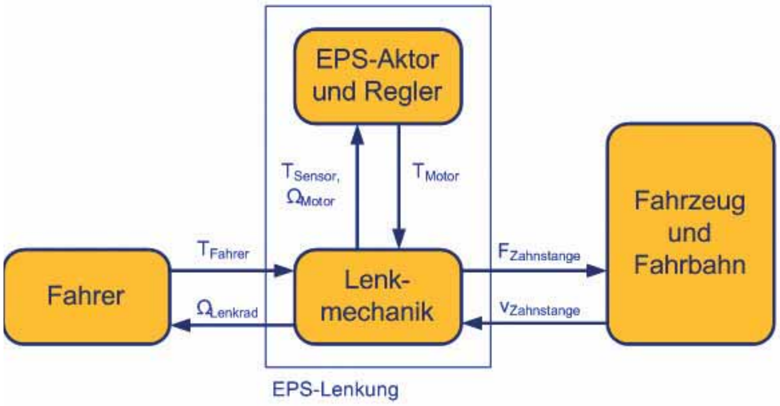


Bild 2: EPS-Lenkung im Fahrzeug-Gesamtsystem

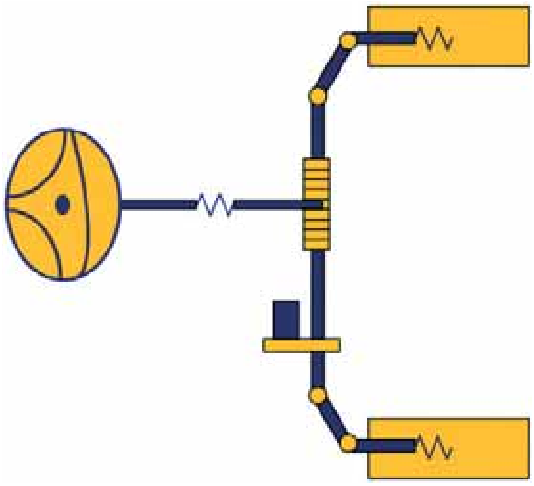
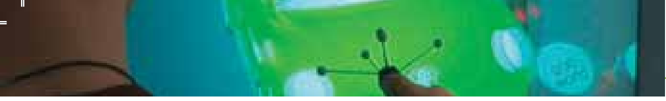


Bild 3: Lenkmechanik der EPS-Lenkung



Ein Algorithmus berechnet basierend auf dem momentanen Fahrzustand des Fahrzeugs ein gewünschtes Lenkmoment T_{Soll}. Der Regler stellt mit Hilfe des Unterstützungsmomentes $T_{Motor\ Soll}$ dieses Lenkmoment für den Fahrer ein.

Für Untersuchungen, wie sich die EPS-Lenkung im Fahrzeug-Gesamtsystem verhält, wird das Lenkungsmodell in ein Modell für Fahrzeug und Fahrbahn integriert. Ein solches Fahrzeugmodell wurde in einer weiteren Kooperation des CLM mit der Firma DMecS entwickelt [5]. Hierbei wurde der Schwerpunkt auf eine komponentenbasierte Struktur gelegt. Diese ermöglicht es, basierend auf einer Modellbibliothek, das Fahrzeugmodell anwendungsspezifisch zu konfigurieren und weitere erforderliche Komponenten zu integrieren. Auf diese Weise können das Modell der Lenkmechanik, der EPS-Regler, die Sensor- und Aktorschnittstellen sowie die Regelung für das Feedback-Lenkrad komfortabel in das Gesamtmodell integriert werden.

In die Simulation kann gemäß Bild 2 ein Fahrermodell eingebunden sein. Es erzeugt entweder als open-loop-Modell definierte Stimuli oder folgt als closed-loop-Modell einer vorgegeben Fahrbahntrajektorie.
Mit dem Torque-Feedback-Lenkrad übernimmt der Entwickler selbst die Querführung des Fahrzeugs.

Torque-Feedback-Lenkrad

Das entwickelte Feedback-Lenkrad (Bild 1) basiert auf einem geregelten elektrischen Aktor. Für die beschriebene Anwendung sind an diesen hohe Anforderungen zu stellen. Dazu zählen unter anderem ein geringes Massenträgheitsmoment, eine geringe Reibung und geringe Ungleichförmigkeiten, wie sie etwa durch Rastmomente entstehen. Weiterhin muss der Aktor bis zu hohen Lenkwinkelgeschwindigkeiten von 1200 °/s ein erforderliches Drehmoment von bis zu 30 Nm stellen. Im Test mit verschiedenen Systemen hat sich gezeigt, dass die Sensor- und Aktorschnittstellen nur vernachlässigbar geringe Totzeiten enthalten dürfen, und Sensorsignale mit hoher Güte erforderlich sind.

Diese Anforderungen werden von dem für das Feedback-Lenkrad verwendeten Aktor erfüllt. Die noch vorhandenen geringen Ungleichförmigkeiten wurden dazu zusätzlich mit Hilfe einer Regelung in ihrer Wirkung auf das Lenkmoment unter eine Schwelle fühlbarer Momente abgesenkt.

Bild 5 zeigt beispielhaft für die Lenkradwinkelgeschwindigkeit Ergebnisse aus der Simulation ohne und mit Feedback-Lenkrad im Vergleich. Die Simulation ohne Feedback-Lenkrad wurde mit dem Modell der Lenkmechanik aus Bild 3 durchgeführt. Die zugehörige Zeitantwort stellt das ideale Verhalten einer Lenkmechanik dar. Für die HiL-Simulation mit dem Feedback-Lenkrad wurde das lenkradseitige Trägheitsmoment im Modell um das Trägheitsmoment des Lenkrades mit Aktor reduziert. Angeregt wurden beide Systeme mit einem Blockimpuls für die Zahnstangenkraft.

Die Zeitantwort mit Feedback-Lenkrad zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Idealverhalten.

Anwendungen

Bild 6 stellt den mit den oben beschriebenen Modellen und dem Feedback-Lenkrad realisierten HiL-Prüfstand mit einem zusätzlichen externen Steuergerät dar.

Das Modell der Lenkmechanik wurde in das Fahrzeugmodell integriert und auf einem dSPACE-Simulator implementiert. Durch Anschluss des Feedback-Lenkrades über die I/O-Schnittstellen entsteht der HiL-Prüfstand in der ersten Ausbaustufe.
Der EPS-Regler kann nun sowohl zusammen mit dem Fahrzeugmodell auf dem dSPACE-Simulator Software-in-the-Loop (SiL) als auch separat auf einem externen Steuergerät betrieben werden. In der SiL-Simulation können zum Beispiel Auswirkungen auf das Lenkgefühl durch eine Implementierung des Reglers mit Festkomma-Arithmetik untersucht und gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen gemindert werden. Mit der Realisierung auf einem externen Steuergerät liegt eine weitere Ausbaustufe des HiL-Prüfstandes vor, wie sie in Bild 6 dargestellt ist. Darin sind alle Realisierungseffekte durch Seriencode und Serienhardware für den EPS-Regler mit ihren Auswirkungen auf das Lenkgefühl in der HiL-Simulation berücksichtigt.
Mit diesen Ausbaustufen des HiL-Prüfstandes können Realisierungseffekte unabhängig voneinander untersucht und die Vorabstimmung des Lenkgefühls vor Fahrversuchen durchgeführt werden.

Bei der gewählten Vorgehensweise der Entwicklung werden, wie in Bild 7 dargestellt, Arbeiten vom Systemtest im Fahrversuch in die Analyse und Synthese durch Simulation und somit in eine frühere Entwicklungsphase verlagert.

So wird der Forderung nach kürzeren Entwicklungszeiten Rechnung getragen.

Über die oben beschriebene Anwendung hinaus ist der HiL-Prüfstand für die Entwicklung neuartiger Konzepte für Lenkungsalgorithmen einsetzbar. Durch die

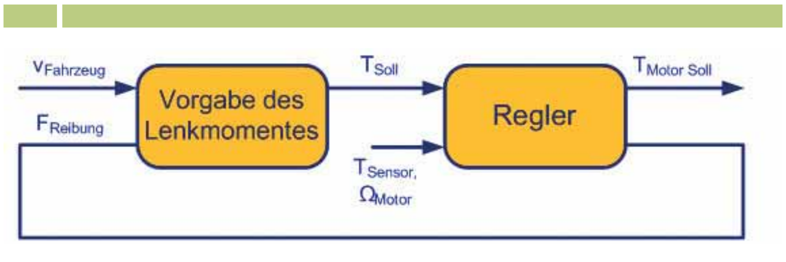


Bild 4: EPS-Regler

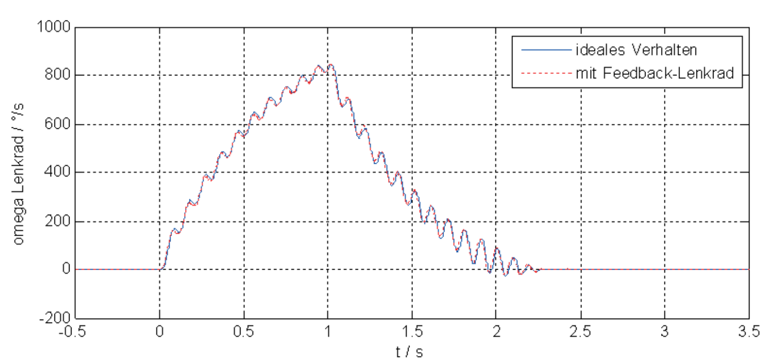


Bild 5: Simulationsergebnisse mit und ohne Feedback-Lenkrad

Verwendung eines Fahrzeugmodells stehen alle fahrdynamischen Größen wie Schwimmwinkel, Reifenkräfte oder Beschleunigungen zur Verfügung. Diese können zur Erzeugung neuer Lenkungscharakteristika [6] genutzt werden, die zunächst in der HiL-Simulation untersucht werden. Auf diese Weise lassen sich Algorithmen erproben, die auf fahrdynamischen Größen basieren, ohne dass diese zunächst im realen Fahrzeug verfügbar sein müssen. Für eine spätere Erprobung im Testfahrzeug sind Fahrdynamikbeobachter [7] erforderlich, die zuvor ebenfalls in die HiL-Simulation einbezogen werden können.

Die beschriebene Nutzung des HiL-Prüfstands in der Entwicklung von Algorithmen lässt sich auf andere Lenksysteme übertragen. Bei entsprechender Erweiterung des Gesamtmodells können Winkel- und Momentenüberlagerungen einbezogen werden. Im Bereich hydraulischer Lenksysteme kann die Auswirkung der Gestaltung von Steuerkanten auf das Lenkgefühl untersucht werden.

Reduzierter Abstimmungs- und Testaufwand

HiL-Prüfstände haben mittlerweile eine große Verbreitung im Bereich des Tests von seriennahen Produkten. In der Entwicklung und Bewertung neuer Systemfunktionen sind sie hingegen seltener anzutreffen. Die beschriebene Anwendung zeigt, dass der Einsatz von HiL-Prüfständen bei der frühen konzeptionellen Entwicklung von Funktionen zu einer Reduzierung von Entwicklungszeiten beitragen kann. Neuartige Algorithmen für die Erzeugung unterschiedlicher Lenkungscharakteristika können schon sehr früh in der Entwicklung auch hinsichtlich ihrer Akzeptanz durch den Fahrer realistisch getestet und bewertet werden. Durch die modellbasierte Analyse und Synthese unter Berücksichtigung des haptischen Verhaltens des Lenksystems wird ein gut vorabgestimmtes System entwickelt. Der Abstimmungs- und Testaufwand im Fahrversuch wird damit reduziert. Das System ist nach der Realisierung im Fahrzeug nur noch feinabzustimmen.

Über die Entwicklung von Lenksystemen hinaus kann die gezeigte Vorgehensweise mit dem Einsatz geeigneter HiL-Prüfstände zur Vorabstimmung eines gewünschten Gefühls auf unterschiedliche Systeme, in denen eine haptische Rückmeldung vorliegt, übertragen werden. Dazu zählen zum Beispiel Bremssysteme oder im Flugzeugbau verwendete Side-sticks und Pedale mit Kraftrückkopplung.

Hermann Henrichfreise

Literatur

[1] S. Klotzbach , H. Henrichfreise: Entwicklung, Implementierung und Einsatz eines nichtlinearen Reibmodells für die numerische Simulation reibungsbehafteter mechatronischer Systeme. ASIM 2002, 16. Symposium Simulationstechnik, Rostock, 10.-13. September 2002.

[2] G. Rill: Simulation von Kraftfahrzeugen. Vieweg Verlag 1994.

[3] H.B. Pajeika: Tyre and vehicle dynamics. Butterworth-Heinemann 2002.

[4] H. Henrichfreise , J. Jusseit, H. Niessen: Optimale Regelung einer elektromechanischen Servolenkung. 5.

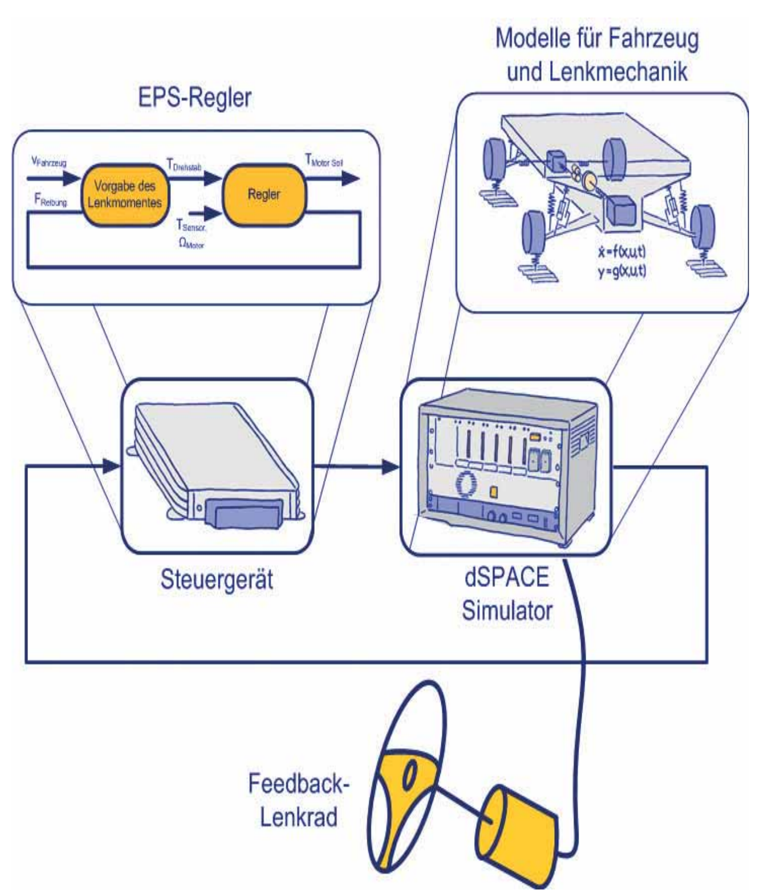


Bild 6: HiL-Prüfstand mit Feedback-Lenkrad und externem Steuergerät

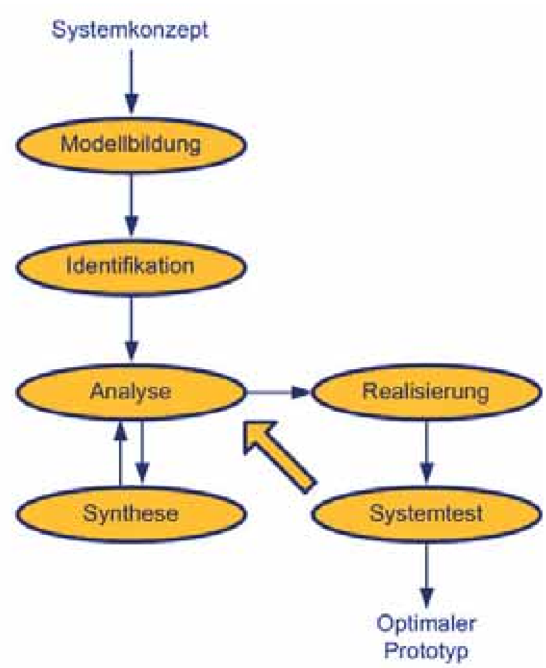
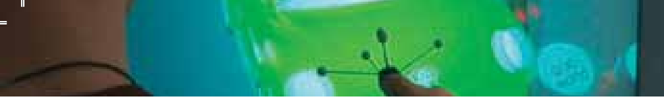


Bild 7: Verlagerung von Entwicklungsarbeiten vom Fahrversuch in die Simulation



VDI-Tagung Mechatronik 2003, Fulda, 7.-8. Mai 2003.
[5] S. Klotzbach, T. Herfeld, H. Henrichfreise: Eine flexibel konfigurierbare Modellumgebung für die Fahrdynamiksimulation. AUTOREG 2006, Steuerung und Regelung von Fahrzeugen und Motoren, Wiesloch, 7.-8. März 2006.
[6] M. v. Groll: Modifizierung von Nutz- und Störinformationen am Lenkrad durch elektromechanische Lenksysteme. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 630, Düsseldorf, VDI Verlag 2006.
[7] T. Schubert: Untersuchung von Ansätzen zur Beobachtung querdynamischer Größen von Fahrzeugen. Labor für Mechatronik, FH Köln, 2008.

Abstract
In diesem Beitrag wird der Aufbau eines HiL-Prüfstandes für die Entwicklung von Lenksystemen, bestehend aus einem Simulationsmodell einer Lenkung und einem Torque-Feedback-Lenkrad, beschrieben. Der Aufbau vermittelt ein realistisches Lenkgefühl und kann so für Entwicklungsarbeiten eingesetzt werden, wie hier am Beispiel einer EPS-Lenkung vorgestellt wird.
Der HiL-Prüfstand kann aufgrund der haptischen Rückmeldung des Lenkmomentes an den Fahrer über das Feedback-Lenkrad für die konzeptionelle Entwicklung und Vorabstimmung unterschiedlicher Lenksysteme genutzt werden. Damit werden Tests, die üblicherweise mit Prototypen durchgeführt werden, in die frühere Entwicklungsphase der Simulation verlagert. Auf diese Weise wird der erforderliche Aufwand im Fahrversuch reduziert und somit eine Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung durch kürzere Entwicklungszeiten erreicht.

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Hermann Henrichfreise
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion
Cologne Laboratory of Mechatronics (CLM)
hermann.henrichfreise@clm-online.de

Projektbeteiligte
Dipl.-Ing. Jan Guderjahn
Dipl.-Ing. Thomas Schubert

Projektpartner
DMecS GmbH & Co. KG

VRWeldgun – Immersive Untersuchungen von Fuegesituationen

Das CAD-System CATIA V5 bietet bereits ein großes Spektrum spezifischer Module zur Konstruktion, Simulation und Analyse von 3D-Modellen an. Trotz dieses mannigfaltigen Angebots der ursprünglich reinen Konstruktionssoftware sind weitere firmen- und branchenspezifische Bedarfe vorhanden. CATIA V5 bietet hier neben den externen Programmierungen auf Basis der CATIA-Bibliotheken durch mehrere integrierte Programmiersprachen wie CATScript, Visual Basic Script und Visual Basic for Applications, die Möglichkeit, das Konstruktionsumfeld an die firmenspezifischen Bedürfnisse der Anwender anzupassen.

Das Tool Easy Weldgun

Für den Konstrukteur ist eine effiziente Nutzung der CAD-Software von entscheidender Bedeutung. Wer mit steigendem Zeit- und Kostendruck im internationalen Wettbewerb Schritt halten will, muss in Geschwindigkeit und Qualität seiner Arbeitsweise neue Maßstäbe setzen. Die von den Kooperationspartnern 4C und AUTTECH Automationstechnik GmbH entwickelte Software Easy Weldgun erweitert die CATIA V5 – Kompetenzspektren um eine einfach zu bedienende Möglichkeit, Fügesituationen in der Konstruktionsumgebung analysieren zu können. Aufwendige Iterationsschleifen zwischen Konstruktion und kostenintensiven Robotersimulationen können bis auf ein Minimum reduziert werden. Hohe Anforderungen an die Modellqualität werden aufgrund der kontinuierlichen Anwenderunterstützung, der Durchgängigkeit der Daten sowie der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse als CATIA-Native-Datensätze gewahrt. Von der Entwurfsphase bis zur Fertigstellung der Konstruktion kann so mit sehr geringem Aufwand die richtige Wahl des Werkzeugs, sowie die Zugänglichkeit am Fügepunkt geprüft werden.

Die Software bietet dem Anwender durch den hohen Grad der Automatisierung und das Bereitstellen entsprechender Werkzeuge die Möglichkeit, seinen Blick vollständig auf die Optimierung der Fügesituation zu richten.

Die Automatismen generieren Hilfsgeometrien nach Selektion eines Fügepunktes und der zugehörigen Bauteilfläche. Die neu erzeugten Geometrien werden automatisch in CATIA-Parts organisiert und über die Programmierung verwaltet. Ein späteres Anpassen von Fügestudien stellt, wie auch das Kopieren zwecks Analyse weiterer Varianten, kein Problem dar. Aufwendiges, manuelles Positionieren verschiedener Werkzeuge entfällt durch die universell nutzbare Positionierungsgeometrie. Der Werkzeugkatalog ist einfach anpassbar und bietet so die Möglichkeit, jedes beliebige Werkzeug für die Analyse der Fügesituation nutzen zu können.

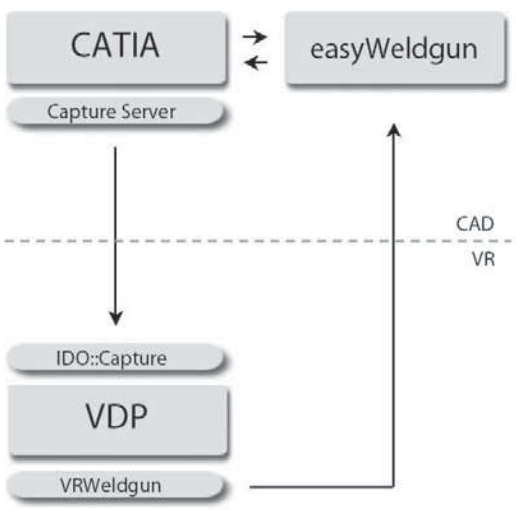
VRWeldgun

Das 4C erstellte eine modifizierte Version von Easy Weldgun, die eine Analyse von Fügestudien nicht nur am Desktop-Arbeitsplatz, sondern auch in der virtuellen Realität erlaubt: VR-Weldgun. Die Software bietet in der virtuellen Umgebung der VDP aus dem Hause ICIDO erstmals die Möglichkeit der Interaktion mit dem CAD-System bei gleichzeitiger immersiver Betrachtung. Möglich wird dies durch die ICIDO-Capture-Technologie, welche die durch CATIA visualisierten Geometriedaten abgreift und in VR anzeigt.

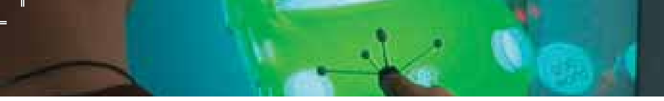
Das als CATIA-AddOn ausgeführte VRWeldgun nutzt kontinuierlich diese Kommunikation und steuert die Fügestudie in CATIA, welche 1:1 in der VR-Umgebung dargestellt wird. VR lebt jedoch von der Interaktion. So ist in VR-Weldgun ein Rückkanal implementiert, der Benutzereingaben aus virtuellen Eingabemasken von der VR an CATIA zurücksendet: Eine bis zu diesem Zeitpunkt noch nie realisierte bidirektionale Kommunikation zwischen der VR-Plattform VDP und CATIA wurde geschaffen. Dieser Prototyp von VR-Weldgun wurde auf der Messe Euromold 2007 in Frankfurt erstmals dem Publikum vorgestellt.



Immersives Menu



Kommunikation



Virtuelle Realität hält Einzug in mittelständischen Unternehmen

CATIA-AddOn-Programmierungen sind für eine effektive Nutzung von CAD-Systemen unerlässlich, wie das Beispiel EasyWeldgun demonstriert. Weiter setzt sich die VR-Technologie immer mehr durch, selbst bei mittelständischen Unternehmen erhält VR Einzug und erweist sich immer wieder als sinnvolle Investition. Zur Verbesserung der Kommunikation zwischen den VR- und CAD-Systemen sind Methoden zu etablieren, die einen noch effektiveren Einsatz der VR- und CAD-Systeme in Kombination ermöglichen. Aufbereitungs- und Konvertierungsaufwände sind zu minimieren. Zu diesem Zweck wurde die Software EasyWeldgun um eine immersive Komponente ergänzt, um dem Kooperationspartner die Möglichkeit der immersiven Betrachtungsweise zu bieten.

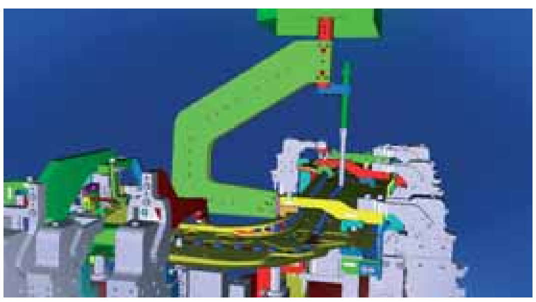
Warum aber sollte sich ein mittelständisch geprägtes Unternehmen wie die AUT-TECH GmbH mit dem Thema „virtual reality" auseinandersetzen, wo doch diese Technologien bisher eher Großunternehmen vorbehalten war? Dazu lässt sich sagen, dass „virtuelle Realität" zu den Schlüsseltechnologien der Produkt- und Prozessentwicklung gehört. Keine andere Technologie bietet eine bessere Kommunikations- und Verständnisplattform und mehr Transparenz für die Darstellung einzelner Prozesse, die zunehmend komplexer werden. Die Visualisierung unterstützt dabei die Entscheidungsfindung im Team ebenso wie eine zuverlässige Evaluierung. Speziell bei großen und komplexen Produkten hilft die 1:1-Darstellung Verständigungsprobleme zwischen einzelnen Teams und Abteilungen zu minimieren. Die Bewegung und Bearbeitung von virtuellen Produkten in Echtzeit zeigt schon in sehr frühen Phasen der Produktentwicklung Fehler auf, die später große Kosten verursachen können. Die frühe Einbindung nachgelagerter Abteilungen, wie der Produktion und des Service erlaubt eine weitergehende Verkürzung des Entwicklungsprozesse, in dem schon früh potenzielle Probleme adressiert werden. Das gilt branchenübergreifend: in der Automobil- und Luftfahrtindustrie, in den Bereichen Transport und Schiffbau und im Maschinen- und Anlagenbau. Ebenso wie die Visualisierungsergebnisse lassen sich Entwicklungs- und Plandaten über den gesamten Produktentstehungsprozess für die Entscheidungsfindung effizient verwerten. Jeder Teilnehmer hat in allen Phasen eine fundierte und sichere Entscheidungsgrundlage. Mit der Visual Decision Platform (VDP) von der ICIDO GmbH sind speziell auch mittelständische Zulieferunternehmen, wie die AUTTECH GmbH in der Lage, für alle Visualisierungsanforderungen eine einheitliche Plattform aufzubauen. So werden für alle Prozesse und Abteilungen, von der ersten Produktidee bis zu Verkauf und Wartung, Visualisierungsdaten prozessübergreifend zur Verfügung gestellt und für die Validierung virtueller Prototypen aufgabenspezifische Funktionspakete und Werkzeuge integriert.

EasyWeldgun in der Praxis

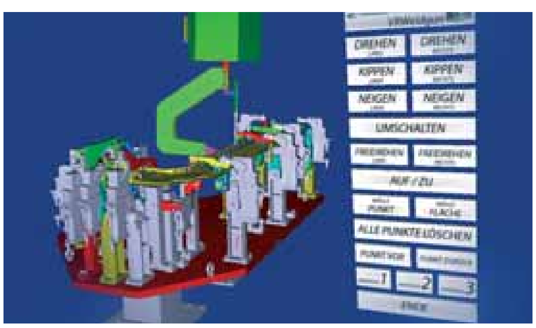
Das Tool EasyWeldgun wurde als Catia-AddOn in der Programmiersprache VisualBasic entwickelt. Es greift auf die CatiaV5 eigenen Bibliotheken zu und erlaubt den Zugriff auf eine bestehende Catia-Session. Es können Geometrien erzeugt, modifiziert und/oder gelöscht werden. Eine 2D-Eingabemaske erlaubt eine herkömmliche Bedienung am Desktop, die Reaktionen auf die Geometrien sind unmittelbar sichtbar.

Ein stark vereinfachtes Beispiel bei der Anwendung von EasyWeldgun: Eine bestimmte Fügesituation liegt vor, eine Schweißzange soll positioniert werden. Einer Schweißzange wird ein Schweißpunkt zugeordnet, die Schweißzange positioniert sich zufällig. Die Situation wird von EasyWeldgun auf Kollisionen überprüft. Es ist nun möglich, die Schweißzange in wählbarer Richtung automatisch frei drehen zu lassen, bis keine Kollision mehr stattfindet. Die Kommunikation zwischen EasyWeldgun und CatiaV5 findet also über direkte Programmierschnittstellen statt.

VR-Weldgun soll nun eine immersive Bedienung ermöglichen. Es ist dazu eine bidirektionale Kommunikation zwischen der VDP und CatiaV5 aufgebaut worden.
Die Elemente des Capture-Servers, welches als OpenGL-Server den Grafikkarten-



virtuelle Fügesituation



virtuelle Fügesituation Immersives Menue



Produktfoto

strom aus der Catia-Session abgreift, und das Modul IDO.Capture sind verfügbare Module der VDP 2006. Sie ermöglichen eine Darstellung der 3D-Geometrie aus einer CatiaV5-Session in der VDP.

Der Rückkanal, die Möglichkeit also, aus der „virtuellen Realität" heraus Kommandos an EasyWeldgun zu senden, wird durch VRWeldgun realisiert. Ein zusätzliches immersives Menü sendet konkrete Befehle zur Instanz von EasyWeldgun. Gewünschte Änderungen werden durch EasyWeldgun vollzogen und von CatiaV5 umgesetzt. Diese Änderungen werden unmittelbar durch das Capturing des Grafikkartenstroms immersiv sichtbar.

Ausblick

VR-Weldgun zeigt erstmals eindrucksvoll, dass eine bidirektionale Kommunikation zwischen CAD und VR möglich ist und beweist, dass der Komfort dieser Art der Bedienung des CAD durch VR sehr hoch ist. Weiter fällt keine Datenkonvertierung oder Datenaufbereitung mehr an. Änderungen am CAD-Modell lassen sich aus der „virtuellen Realität" direkt in CATIA umsetzen. Die Zukunft weist klar in Richtung derartig umgesetzter Konzepte, die immer direktere Kopplungen zwischen den CAD- und VR-Systemen bereitstellen: Dies zeigt das Beispiel VR-Weldgun – eine virtuelle Schweißsimulation basierend auf 3D-Daten aus einem CAD-System.

Christoph Ruschitzka

Abstract

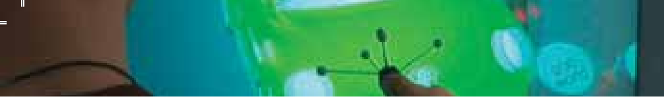
Im Rahmen des Projektes VR-Weldgun wurde eine bestehende, vom Cad/Cam-Center Cologne entwickelte Add-On-Programmierung für Catia V5 (EasyWeldgun) um immersive Funktionalitäten erweitert. Im Zusammenspiel Catia V5, VDP 2006 und VR-Weldgun ist es möglich, immersiv Fügestudien innerhalb einer existierenden Catia V5-Session durchzuführen. Diese Untersuchung wird durch eine bidirektionale Kommunikation zwischen der VDP und CatiaV5 durch VR-Weldgun ermöglicht.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Christoph Ruschitzka
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion
CAD/CAM-Center Cologne
Christoph.ruschitzka@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl. -Ing. Stefan Hinsen
Dipl. -Ing. Matthias Fokken



Application of Unified Model Language in Knowledge Based Design of trim steels for dies with non-cutting shape forming

Knowledge based systems have been known for couple of decades. The first knowledge based applications were dedicated to support the human in different fields but not in engineering. Knowledge based applications, which find applying in engineering (especially in three dimensional designing) are relatively new. Nowadays, when design bases on parametrical – associative constructing, the problem of applying the engineer's knowledge is being discussed very often. In many CAD packages modules for knowledge based supporting are built in. They offer much more possibilities than parametrical or parametrical-associative design (Knowledge Ware of CATIA V5 by Dassault Systemes; Wave Technology, Knowledge Driven Automation, and Knowledge Fusion of NX by Siemens). Despite of the fact that the designing process consists of about 80 per cent of routine tasks [1] [Figure 1], most applications for designer supporting are made as ad hoc.

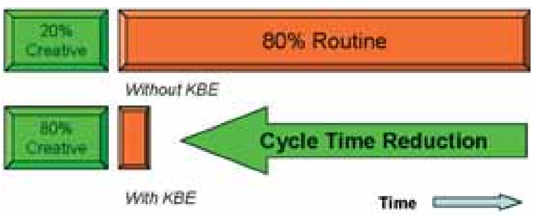


Figure 1: Division designers tasks with applying a KBE application and without it [1]

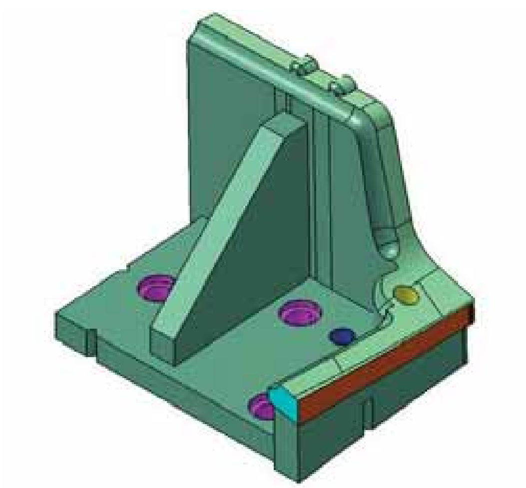


Figure 2: Example of trim steel

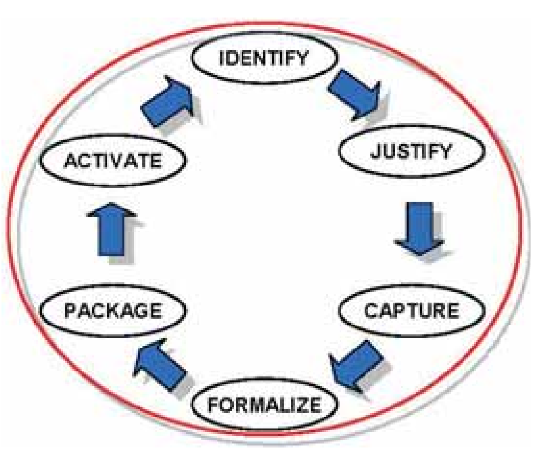


Figure 3: Lifecycle of Knowledge Based Applications [1]

The process of building knowledge is mostly not enough considered based application because of shorter and shorter time to market. Applications which are developed in most cases don't possess indispensable documentation not to mention formalized required knowledge. As a result of it, many such applications are once developed and never maintained. In this paper the authors present applying generative models of CATIA as geometry representation and their driving as control, managing and variants definition on one hand, and Unified Modeling Language for knowledge representation of any knowledge object on the other hand.

In one of the engineering offices which cooperates with 4C lab, was affirmed that about 90 per cent of its engineers are not able unaided to design a trim steel for dies, which they develop. Most requirements for designing such trim steels are specified in OEM's technical standards. The materials, machining kind and dimensions affect distinguishes mostly. [Figure 2] .Design the trim steels must fulfil some conditions. They are presented below in order of descending importance.

- model should be designed in CATIA V5 environment and possess a visible history
- because of applying concurrent engineering many stages in developing process happen
- simultaneously. During developing the dies is developed or suited the skin as well. This involves many part's releases and necessity of adjusting the design. Because of the kind geometry representation in CATIA (boundary representation) it is very often a big problem for this CAD package. Thus, the design should be prepared in such a way, that the problems don't appear.
- model of trim steel applied in die shouldn't contain any other variants of trim steel. This results from two reasons. Firstly, the model size didn't' have to be too big (computation time). Secondly, the office wanted to save its "know how" and give to the OEM only that what was required.
- every designer should be able to design trim steels unaided
- approach to the trim steels designing should be available for every employee in easy to understand form
- the process of building application should have a development documentation

Lifecycle of application-building process

Developing of knowledge based applications mostly involves six stages (identify, justify, capture, formalize, package and activate) [1] [Figure 3]. Beside of stakehold-

ers, managers and end-users in process of building of such applications three others key users (experts, knowledge engineer and developers) are normally involved. They are responsible for the core processes of building such applications.

In the building process of the trim steels supported design, the presented lifecycle was adhered; however several steps were performed in different way. Four actors (experts, knowledge engineer, general manager and end-user) were involved in the scenario because of ad hoc tasks character in process.

Steps identify as well as justify were jointed together. On this stage was analysed whether the task could be adapted as automated process and risks were assessed. Applying automated process design makes sense only under condition, that the process has routine character. "Classification design process according to the features of the design variable sets:

- If the set of design variables remains the same and each design variable from this set does not change its standards range during the design process, then we call this process routine.
- However, in the case where the set of the design variables is the same but the some design variables from this set change their standard ranges, then we have an innovative process.
- When the set of design variables changes and some design variables from this set also change their standard ranges then we have a creative process."[4]

The step capture belongs to the most important steps in whole lifecycle of KBE application [1]. In this step were involved knowledge engineer and experts. The required knowledge was gained, assessed and structured. The steps from formalize to activate were carried out by knowledge engineer. That resulted from two reasons. The first one was combined building the platform (applying auto generated model with controlling and managing by extern application). The second one, in building the application were knowledge engineer involved, who had skills both of knowledge engineer and of developer.

The steps of knowledge modeling (from acquisition up to formalize) are described in chapter 4.

Algorithm of Application

The main scheme of application is presented at Figure 4. The platform for supported design of trim steels was designed modular. Modules are separately built autogenerating models (PowerCopy). They are stored in database. The first division of variants is into OEM's standards. Every consumer often has his own standard. Every module consists of operations sequential executed in CAD Package. The number of operations is depending on the module (from a dozen or so to a few dozen).

Graphical User Interface (GUI) [Figure 5] allows the user managing and selecting of variants. It could be used for defining new standards. The profiles of standards could be saved and stored in the data base. Common dimensions of trim steel (sidewise profile, grid for screwing, allowed weight, high/foot length ratio, etc) are understood under profile of standard.

Formal Model Knowledge

As mentioned above the steps of knowledge capture and formalize belong to the most important ones. The process of knowledge gaining was carried out of knowledge engineer. He had to collaborate with the experts to find a common approach for building the trim steel. Although the suppliers have excellent defined standards with requirements, the design ways were very different and their spectrum very broad. After some attempts was pointed out, that some ways of construct the model reflected the goal very well but couldn't be updated with geometry of new part release. However, some others were constructed in the way that they were able to be updated, but their accuracy wasn't good enough. In this way a few dozen of models were generated to which showed different approaches to designing of trimming element. Beside the consumer's technical standards such models served for building the first release of required documentation and were assessed and used to build the informal model knowledge. [Figure 6]

Almost every engineering object could be represented by the five views at the over presented scheme (dashed line). "There are five pre-defined views for the Product Model:

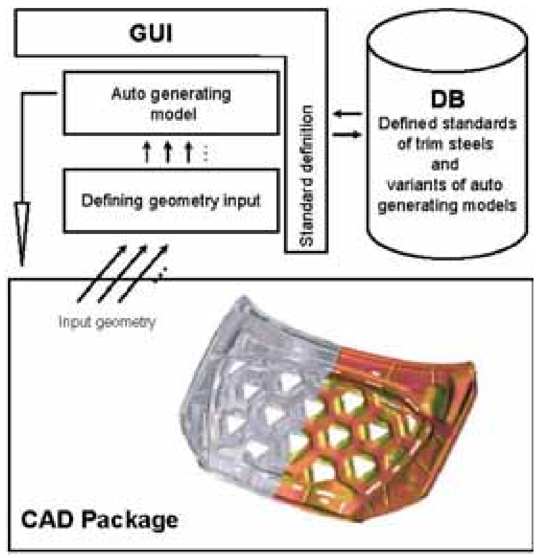


Figure 4: Scheme of application for supported design of trim steels

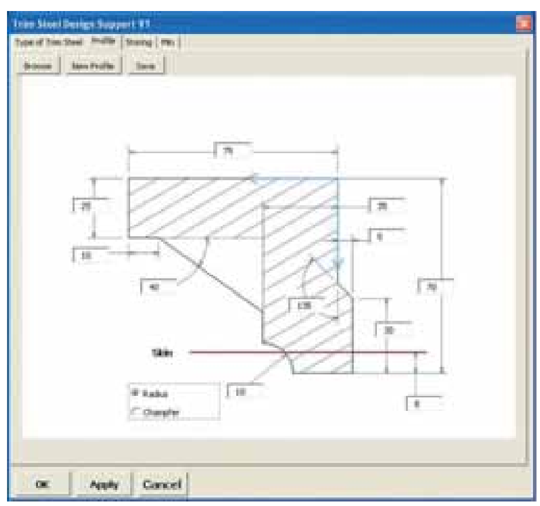
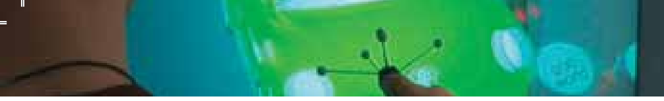


Figure 5: Graphical User Interface – Supported Design of Trim Steel



- Structure: The Structure View defines the decomposition of a product's structure into assemblies, parts, and features. This view can be used to represent physical, logical, or a conceptual structure at any stage of the design.
- Function: The Function View defines the functional decomposition of the product and identifies how the elements of this decomposition are to be realized by principles of solution and technical solutions.
- Behaviour: The Behaviour View includes a state of a product (e.g. stowed, deployed, in transit), and the transition from one state to another and the constraints that each state represents on the design.
- Technology: This View includes material and manufacturing process views.
- Representation: This view includes geometry but can be extended to any aspect of a product shape and size, such as finite elements models."[1]

With the grow rectangles of Product Model is pointed, that the two views could be generated with the help of the CAD System. That is possible under condition that the auto generating models are first prepared (designed). Auto generating models were built-up in the way that it was possible to undertake classes or features.

With the help of the five views the formal knowledge model was generated. The views were done by applying the Unified Model Language (UML). The structure view for trim steel is presented at figure below [Figure 7].

For the structure representation class diagram was used. With the help of that system's classes, their attributes and relationships between these classes were reflected. From the CAD User's point of view the structure view is the most important point of knowledge representation for building or maintaining the auto-generating models. The trim steels aren't any assemblies; these are made up of many functional compositions. Every variant of trim steel had almost the same structure of the view. The constraints were the most common differences, which are defined by OEMs. The combined set of structure view, function view, behaviour view, technology view and representation view presented all the required knowledge to build the application for supported design of trim steels.

Conclusions and Summary

Applications, which base on the before gained knowledge are to find everywhere. Mostly such applications are made as ad hoc and the building process is not considered and analysed properly. As result of that many applications have structure, which is not only incomprehensible for novice but as well as for the developer. As many surveys proved, many projects, which aren't analysed, considered, scheduled and planned enough, fail. It doesn't' matter in which discipline. Good considered and analysed process has much more chance to be successful. The question "to be or not to be successful" often could be answered before the first big costs arise. Aside from having more chances to build a working application, documentation of knowledge has more advantages. Gained, structured and assessed knowledge could be used for freshening-up the employees' knowledge about some processes.

The process of knowledge handling is very difficult and time-consuming. Very often is it deciding argument about preparing the right documentation of building knowledge based application (ad hoc). Furthermore, the process of building such

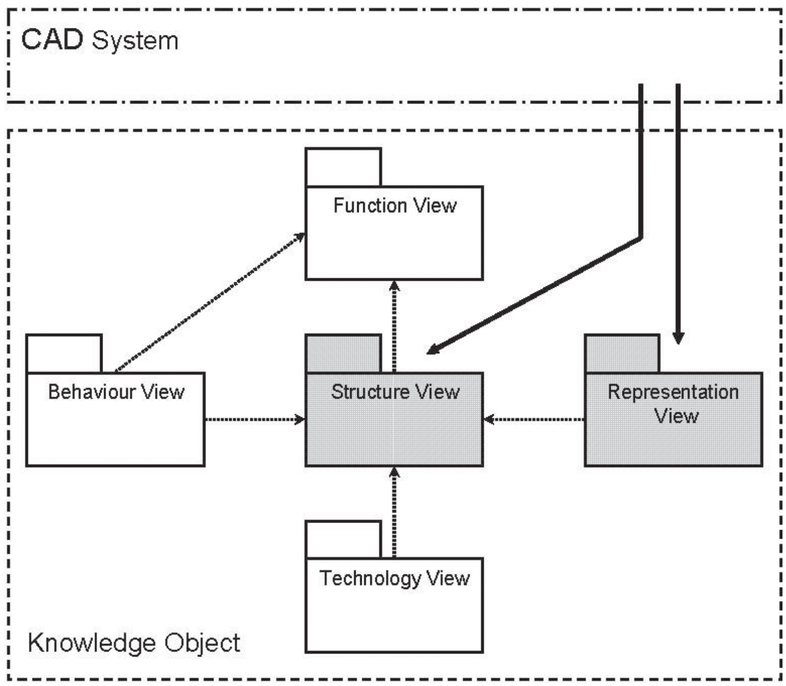


Figure 6: Connection CAD System with some views of product model

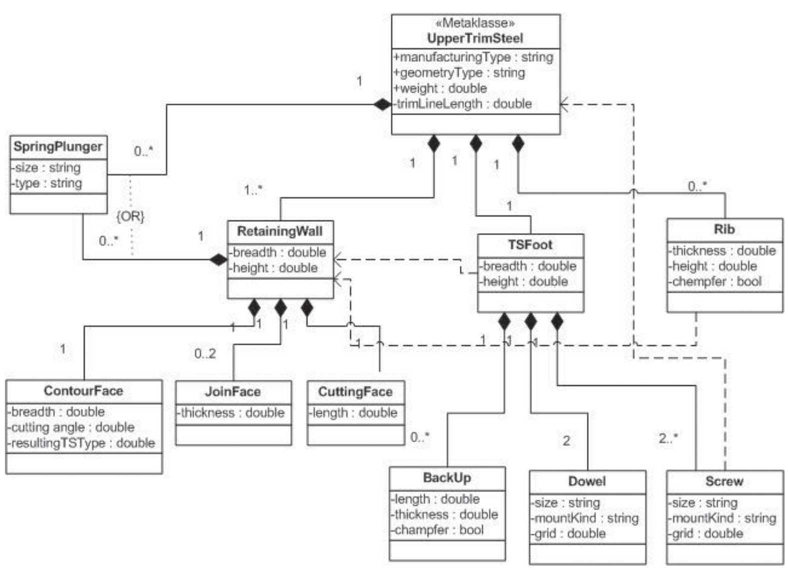


Figure 7: Structure View for Trim Steel

applications (because of time and costs) starts very often with the package step without taking into account the most important stage of knowledge modelling. The auto-generating models give the advantages that some part of knowledge is gained in the model (with its geometrical representation). This influences the time for knowledge gaining and makes the process shorter.

Margot Ruschitzka

References

[1] Managing Engineering Knowledge MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Applications, ISBN 1-86058-295-8

2] Knowledge Management – How Companies Manage what they know? Prusak, Davenport, ISBN 0-87584-655-6, Harvard College 1998

[3] Knowledge Engineering and Management – The CommonKADS Methodology – Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, Wielinga – ISBN 0-262-19300-0 Massachusetts Institute of Technology 1999

[4] IPA Concepts and Applications in Engineering – Jerzy Pokojski - ISBN 1-85233-741-9; Springer London 2004

[5] Intelligent Systems for Engineering – Ram D. Sriram – ISBN 3-540-76128-4; Springer London 1997

[6] Conference on Digital Enterprise Technology; (3,2006, Setúbal);CIRP – the international Academy for Production Engineering, 038749863X, Springer New York; Carlos Toro, Maite Termenon, Jorge Posada, Jaquin Oyarzun, Juanjo Falcon – Ontology Supported Adaptive User Interfaces for Structural CAD Design

[7] Modelowanie bazy wiedzy dla budowy modeli autogenerujacych w systemie CATIA z ztastosowaniem jezyka UML – Wojciech Skarka – ISSN 1896-771X – Modelowanie inzynierskie, Gliwice 2007

[8] TOWARDS AN INTEGRATION OF ENGINEERING KNOWLEDGE MANAGEMENT AND KNOWLEDGE BASED ENGINEERING - Rüdiger Klein - DaimlerChrysler Research and Technology, Knowledge Based Engineering Group Alt-Moabit 96a, D-10559 Berlin Germany

[9] UML 2 – T. Erler – ISBN 3-8266-73-63-8, Verlag für moderne Industrie, Bonn 2004

[10] Das UML – Benutzerhandbuch – G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson – ISBN 3-8273-1486-0, Addison-Wesley-Longman, Bonn 1999

Abstract

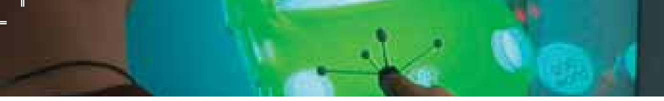
An application was developed in collaborations with 4C lab in the Cologne University of Applied Science with its industrial partner. The goal of the application was to support the designer in designing of trim steels for dies' non-cutting shape forming. This paper describes the process of building the application from knowledge acquisition up to application distribution. Three different environments were involved in process of building the application (CATIA V5 as CAD Package, Visual Basic for application developing and Unified Model Language as Language for the Knowledge Representation).

Projektleitung

Prof. Dr. Margot Ruschitzka
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion
Institut für Fahrzeugtechnik
margot.ruschitzka@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Adam Suchodolski
Jerzy Wróbel



Untersuchung des Einflusses einer intelligenten schwenkenden Kopplung des Anbaugerätes auf die Fahrzeugquerdynamik bei mobilen Arbeitsmaschinen

Während in der Vergangenheit die Geländetauglichkeit und Erhöhung der Zugkraft bei mobilen Arbeitsmaschinen wie Land-, Forst-, Kommunal- und Baumaschinen im Rahmen ihrer Arbeitsaufgaben im Vordergrund standen, gewinnt heute die Optimierung der Straßentauglichkeit zunehmend an Bedeutung. Aktuelle Unfallzahlen landwirtschaftlicher Fahrzeuge zeigen, dass bei bis zu 48 Prozent aller registrierten Verkehrsunfälle eine zu hohe Transportgeschwindigkeit sowie das stationäre und instationäre Lenkverhalten ursächlich sind. In zahlreichen Fällen werden diese Fahrzeuge, bei stetig zunehmender Fahrzeugmasse, für Fahrgeschwindigkeiten bis zu 80 Stundenkilometer ausgelegt. Bei diesen höheren Transportgeschwindigkeiten wird besonders mit am Dreipunktgestänge angekoppelten Arbeitsgeräten die Grenze der Lenkfähigkeit offenkundig überschritten. Das führt zu neuen Überlegungen hinsichtlich der aktiven Fahrsicherheit.
Die besondere Problematik bei mobilen Arbeitsmaschinen besteht darin, dass, speziell bei mitgeführten schweren Arbeitsgeräten, ein großes Massenträgheitsmoment um die Hochachse vorliegt. Dieser Umstand führt dazu, dass bei Kurvenfahrten die Reifen große Seitenführungskräfte aufbringen müssen. Wird dabei die Kraftschlussgrenze erreicht, ist das Fahrzeug nicht mehr steuerbar, und es besteht die Gefahr einer Kollision oder des Umkippens.

Methodik

Im Folgenden wird eine Methode beschrieben, wie durch eine Entkopplung von Fahrzeug und Arbeitsgerät das auftretende Moment um die Fahrzeughochachse (Giermoment) sowie die Radlaständerungen in Folge von Wankbewegungen verringert werden können. Dies geschieht am Beispiel eines Traktors mit am Dreipunktgestänge gekoppelten 4-Schar-Volldrehpflug als Anbaugerät. Das Verfahren wurde zum Patent angemeldet [1].

Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist während Transportfahrten zwischen Fahrzeug und Anbaugerät nur eine Relativbewegung um die Querachse, also eine Nickbewegung, vorgesehen. Hierdurch ist ein passiver oder aktiver Schwingungsabsorber möglich, der die dynamischen Radlasten reduziert, und somit die Fahrsicherheit erhöht [2, 3]. Eine Einflussnahme auf die Fahrdynamik durch eine Schwenkbewegung des Anbaugerätes um die vertikale Achse (Bild 1) ist indes nicht vorgesehen. Die Idee einer Wankreduzierung durch das Anbaugerät ist im November 2007 von Ferhadbegović und Böttinger [4] vorgestellt worden.

Wird dieser zusätzliche Freiheitsgrad eingeführt, lässt sich zwischen der Gierbewegung des Traktors und der des Anbaugerätes unterscheiden. Eine Gierbewegung des Fahrzeugs bringt demnach nicht notwendigerweise eine Gierbewegung des Anbaugerätes mit sich. Durch ein intelligentes Schwenken ist es möglich, das Fahrzeug auch in kritischen Fahrsituationen noch stabil in der Spur zu halten, soweit es die physikalischen Grenzen zulassen.

Passives System contra aktives System

Grundsätzlich sind zwei Umsetzungen des vorgestellten Ansatzes denkbar. Zum einen ein rein passives System, das die Schwenkbewegung des Anbaugerätes über

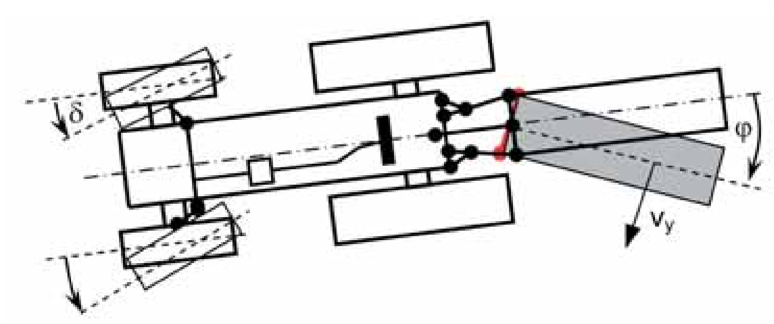


Bild 1: Schematische Darstellung des Schwenkprinzips

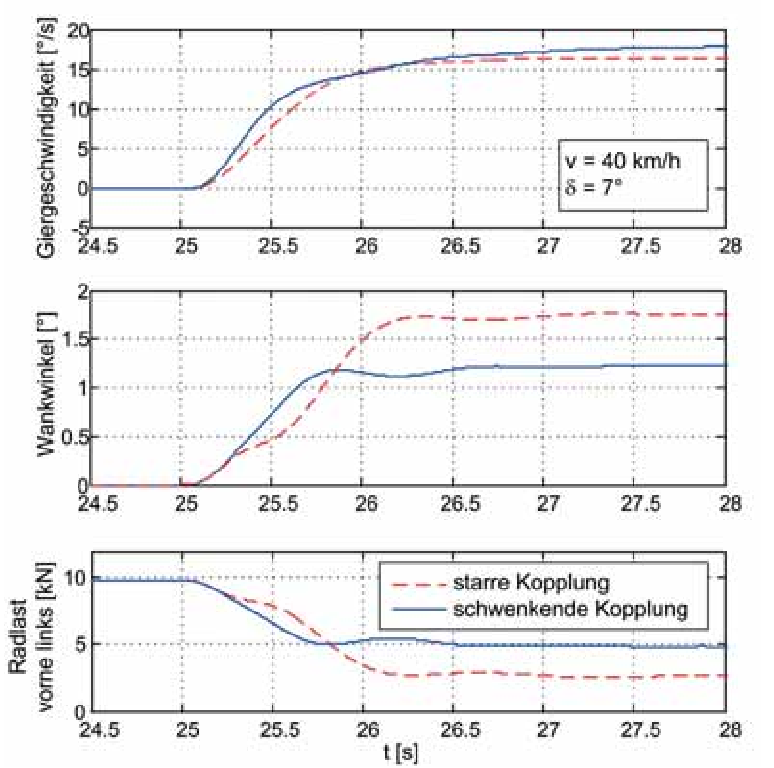


Bild 2: Einfluss der Kopplungsart auf den Giergeschwindigkeits-, Wank- und Radlastverlauf

ein Feder-/Dämpferelement beeinflusst. Zum anderen ein aktives System, bei dem durch geeignete Aktoren zwischen Traktor und Anbaugerät gezielt Kräfte aufgebracht werden können. Als Aktoren bieten sich hierbei hydraulische Elemente an, da die mobile Arbeitsmaschine in der Regel über ein leistungsfähiges Hydrauliksystem verfügt.

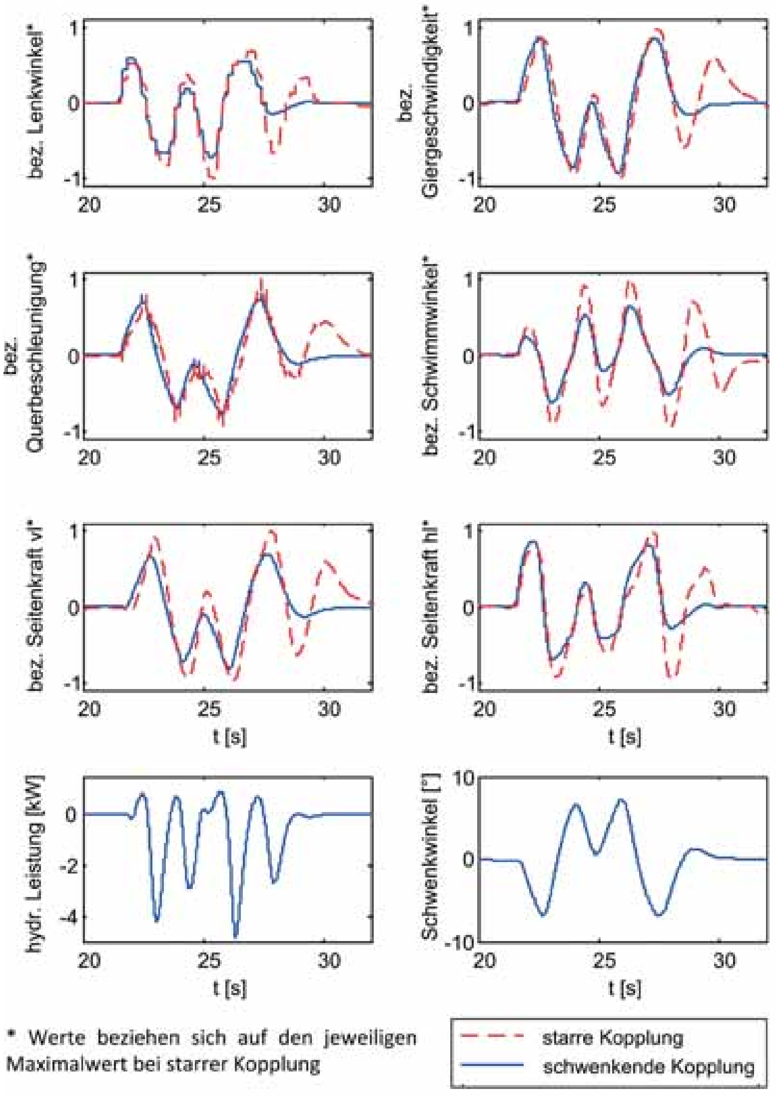


Bild 3: Gegenüberstellung der Fahrzeugreaktionen während des doppelten Spurwechsels

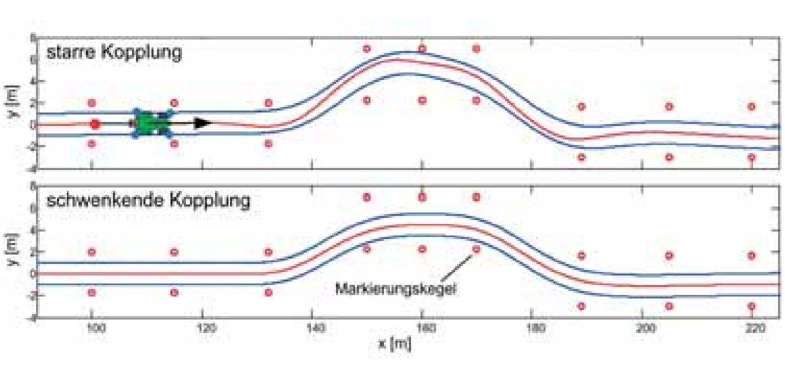


Bild 4: Gegenüberstellung der aus der Simulation resultierenden Spurkurven beim Durchfahren der Gasse

Vorrausgegangene Untersuchungen zeigten die Möglichkeiten eines passiven Systems. Die Schwenkbewegung stellt sich hierbei hauptsächlich auf Grund des Massenträgheitsmomentes des Anbaugerätes ein – also seinem Bestreben im Zustand einer gleichförmigen Bewegung zu verharren. Dies führt zu einer Reduzierung des auftretenden Giermomentes, wodurch das Fahrverhalten bei bestimmten Manövern erheblich verbessert wird. Jedoch ist die optimale Auslegung der Feder-/Dämpferkombination stark vom jeweiligen Fahrmanöver und der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Darüber hinaus kann nicht sichergestellt werden, dass keine Schwenkbewegungen auftreten, die die vom Gespann überstrichene Straßenfläche in unzulässigem Maße erhöhen.

Durch den Einsatz eines aktiven Systems können diese Einschränkungen behoben werden. Generell nachteilig ist der Energiebedarf eines aktiven Systems, etwa einer aktiven Sitzfederung. Zum einen steht die benötigte Leistung nur in begrenztem Umfang zu Verfügung, zum anderen steigt durch eine erhöhte Leistungsaufnahme auch der Treibstoffverbrauch. Neben der erwähnten Aktorik benötigt ein solches aktives System geeignete Sensorik und eine Regeleinrichtung zur Ermittlung der Stellgrößen.

Ziel ist es nun, ein System zu entwickeln, welches weitestgehend dem Verhalten eines passiv arbeitenden Systems folgt und nur, wenn es notwendig oder vorteilhaft ist, aktiv eingreift. Hierbei ist der Grad der Aktivität skalierbar.

Regelgesetz

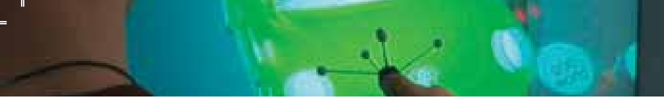
Ausgehend von den formulierten Anforderungen wurde anhand von analytischen Untersuchungen im Zeit- und Frequenzbereich, das folgende Regelgesetz entwickelt:

$$F_{schw} = -k \cdot v_y$$

Diese Gleichung basiert auf der Annahme, dass sich das Fahrverhalten verbessert, wenn die Quergeschwindigkeit v_y des Anbaugerätes an einem definierten Punkt nahe Null gehalten wird (Bild 1).

Entsprechend dem Regelgesetz wird sich ein Schwenkwinkel φ einstellen, der dieser Forderung am nächsten kommt. Nach diesem Regelgesetz ergibt sich ein Schwenkverhalten, das dem eines mitgeführten Anhängers stark ähnelt. Somit liegt ein für den Fahrzeugführer sowie übrige Verkehrsteilnehmer vertrautes und daher vorhersehbares Verhalten vor.

Aus dem Regelgesetz folgt weiter, dass der Geschwindigkeitsvektor des Anbaugerätes stets in Richtung der Anbaulängsachse zeigt. Da das Anbaugerät nun nicht quer zur Fahrtrichtung steht, wird sich die Position des Anbaugerätes bevorzugt innerhalb der Spurkurve des Fahrzeugs befinden.



Analyse des Systemverhaltens

Die dargestellten Ergebnisse basieren auf Simulationen, denen umfangreiche Untersuchungen des Versuchsfahrzeugs vorrausgegangen sind. In Bild 2 ist der Giergeschwindigkeitsverlauf infolge einer sprungförmigen Änderung des Lenkwinkels, für ein starr sowie schwenkend angekoppeltes Anbaugerät dargestellt. Zum einen ist zu erkennen, dass bei Verwendung einer schwenkenden Kopplung innerhalb der ersten Sekunde eine schnellere Fahrzeugreaktion auftritt. Das Fahrzeug reagiert spontaner auf die Lenkbewegung als im Fall einer starren Kopplung. Dies ist auf die beschleunigte Bewegung des Anbaugerätes relativ zum Fahrzeug zurückzuführen. Zum anderen ist der stationäre Endwert, und damit der Gierverstärkungsfaktor, größer. Dies ist durch die dargestellte Reduzierung des Wankwinkels zu erklären. Durch den Schwenkwinkel des Anbaugerätes kommt es zu einer Verlagerung des Gesamtschwerpunkts zum Kurveninneren. Dies führt zu einer Reduzierung der Radlastunterschiede und aufgrund der degressiven Abhängigkeit der Seiten- von der Vertikalkraft zu einer Erhöhung der Seitenkräfte.

Im Folgenden wird der Einfluss der Kopplungsart auf das instationäre Lenkverhalten anhand eines doppelten Spurwechsels genauer betrachtet. Das Fahrmanöver wird mit starr gekoppeltem und mit aktiv schwenkendem Anbaugerät simuliert. Die Einfahrtgeschwindigkeit beträgt hierbei 40 Stundenkilometer, wobei die Gasse mit konstanter Gaspedalstellung durchfahren wird.

In Bild 3 sind die Fahrzeugreaktionen sowie der Schwenkwinkel und der Verlauf der hydraulischen Leistung dargestellt. Der Verlauf der Seitenkräfte zeigt, dass es zu einer Reduzierung des von den Reifen aufzubringenden Giermomentes gekommen ist. Der Schwimmwinkel stellt ein gutes Maß für die Beherrschbarkeit eines Fahrzeuges dar. Bei zu großem Schwimmwinkel verliert der Fahrer die Kontrolle. Es wird deutlich, dass der Schwimmwinkel durch die Schwenkbewegung deutlich reduziert wird. Zudem ist der Lenkaufwand deutlich kleiner, was geringere Anforderungen an den Fahrer stellt. Der Fahrer wird gezielt unterstützt, um das Fahrzeug kontrolliert zu bewegen.

Anhand des Verlaufs der für die Schwenkbewegung erforderlichen hydraulischen Leistung ist zu erkennen, dass dieses System weitgehend wie ein Dämpfer arbeitet (negatives Vorzeichen). Die von der Hydraulikanlage des Fahrzeugs aufzubringende Leistung liegt im Bereich unter 1 kW. Die Hauptaufgabe besteht also darin, Bewegungsenergie in Wärme umzuwandeln.

Die Schwenkbewegung darf jedoch nicht nur basierend auf fahrdynamischen Gesichtspunkten stattfinden. Es ist von übergeordneter Bedeutung, dass ein als sicher definierter Schwenkbereich nicht verlassen wird. Durch die Schwenkbewegung darf es keines Falls zu einer Vergrößerung der insgesamt überstrichenen Straßenfläche kommen. In Bild 4 ist zu erkennen, dass diese Forderung durch den Regelalgorithmus erfüllt wird. Es wird deutlich, dass das Anbaugerät durch die schwenkende Kopplung innerhalb der Spur des Fahrzeuges bleibt und insgesamt wesentlich geringere Bewegungen quer zur Fahrtrichtung vollzieht. Hieran wird ein weiterer Nutzen des Systems erkennbar, der besonders bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten zum Tragen kommt. Der Fahrer muss an einer engen Passage nur so lenken, dass das Fahrzeug die Stelle passieren kann. Dann ist ebenfalls sichergestellt, dass es nicht zu einer Kollision mit dem Anbaugerät kommt.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass es möglich ist, das System „offensiver" als hier dargestellt auszulegen – die Wirkung des Systems wird weiter erhöht. Es muss also eine Abwägung stattfinden: Eine „schärfere" Einstellung des Systems bringt tendenziell eine größere Verbesserung der Fahrdynamik mit sich. Dem gegenüber steht jedoch eine größere Leistungsaufnahme. Darüber hinaus wächst der Schwenkwinkel weiter an, wodurch ab einem gewissen Punkt die Einhaltung des als zulässig definierten Schwenkbereichs nicht mehr garantiert werden kann.

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf Simulationen, die mittels eines Mehrkörper-Modells eines Traktors mit Anbaugerät durchgeführt wurden (Bild 5). Die Modellparameter sind hierbei an einem realen Traktor ermittelt worden. Diese Parametrisierung wurde im Anschluss daran durch umfangreiche Fahrversuche verifiziert und optimiert [5]. Hierdurch ist sichergestellt, dass verlässliche und praxisnahe Aussagen über die Funktionsweise sowie den Nutzen des untersuchten Systems getroffen werden können. Darüber hinaus wird dieses Modell als Basis zur Erprobung von entworfenen Hardware-Komponenten in einer virtuellen Umgebung dienen (Hardware-in-the-Loop Simulation). Als Simulationsumgebung kommen Matlab/Simulink sowie ITI SimulationX zum Einsatz.

Implementierung des Systems

Nachdem der Nutzen des Systems nachgewiesen werden konnte, wird der nächste Entwicklungsschritt darin bestehen, das System zu implementieren, um es durch reale Fahrversuche untersuchen zu können. Bei diesen Untersuchungen wird vor allem die Prozesskette Fahrer-Fahrzeug-Umwelt näher betrachtet werden. Hierbei ist das subjektive Sicherheitsempfinden des Fahrers im Umgang mit dem Fahrzeug von besonderer Bedeutung, da dies allein durch Simulation nicht ausreichend zu beurteilen ist.

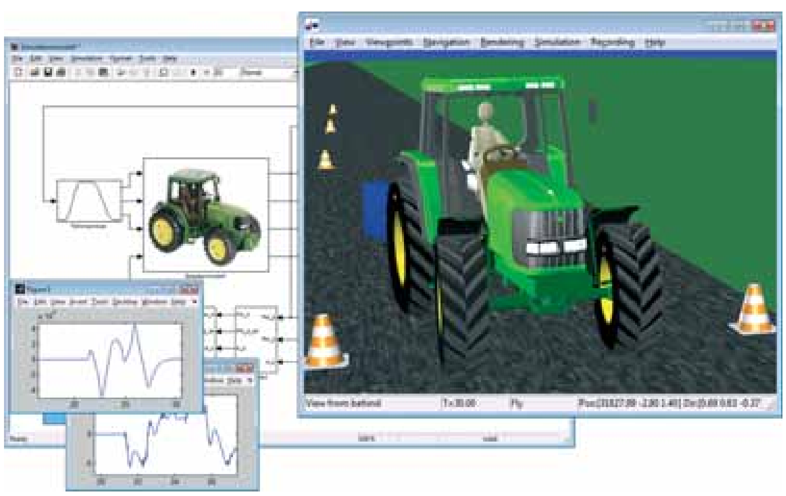


Bild 5: Simulationsumgebung zur Durchführung virtueller Fahrversuche an einem John Deere 6920 Traktor

Die konstruktive Umsetzung der Schwenkbewegung erfolgt in Form eines Zwischenrahmens (Bild 6). Der Rahmen wird am Dreipunktgestänge des Versuchsfahrzeugs angekoppelt und bietet somit auf der anderen Seite wiederum eine Dreipunktaufhängung zur Aufnahme des Anbaugerätes. Über zwei Hydraulikzylinder kann die Anbauseite um die Hochachse geschwenkt werden. Die Versorgung der Hydraulik erfolgt aus dem Hydraulikkreislauf des Fahrzeugs. Alternativ zum Einsatz eines Zwischenrahmens sind auch konstruktive Änderungen an der Koppelebene des Fahrzeugs oder am Anbaugerät möglich.

In Bild 7 ist der zu implementierende geschlossene Regelkreis dargestellt. Über eine geeignete Sensorik werden die benötigten Fahrzustände erfasst und der Informationsverarbeitung zugeführt. Aus den gefilterten beziehungsweise geschätzten Zustandsgrößen erzeugt der Regelalgorithmus die in der jeweiligen Fahrsituation optimale Schwenkbewegung. Über eine unterlagerte Winkelreglung erfolgt die Generierung der Ansteuersignale für die Hydraulikventile. Die Implementierung des Regelalgorithmus erfolgt direkt aus der Entwicklungsumgebung heraus über Echtzeit-Prototyping-Hardware.

Die Ermittlung der Regelgröße v_y könnte direkt über entsprechende Sensorik, zum Beispiel einem optischen Sensor, erfolgen. Dies ist jedoch auch deshalb unzweckmäßig, weil der Sensor hierfür an dem Anbaugerät angebracht sein müsste. Vorteilhafter ist die Verwendung von modellbasierter Messtechnik. Hierdurch ist es möglich, aus gemessenen Fahrzeugreaktionen wie Giergeschwindigkeit, Querbeschleunigung

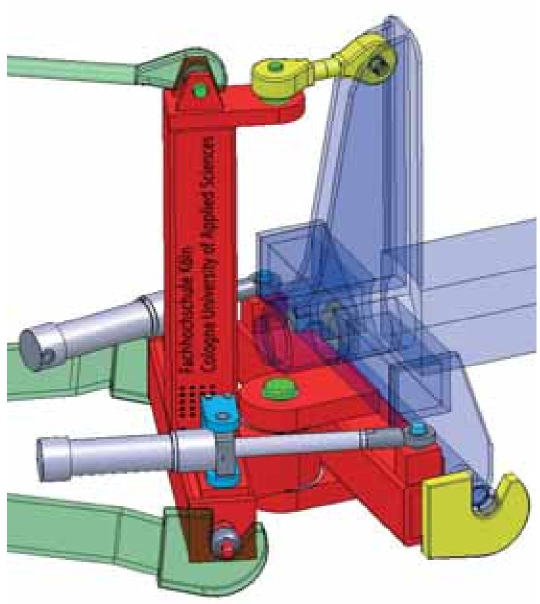
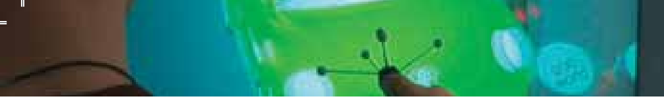


Bild 6: Konstruktive Umsetzung der Schwenkbewegung



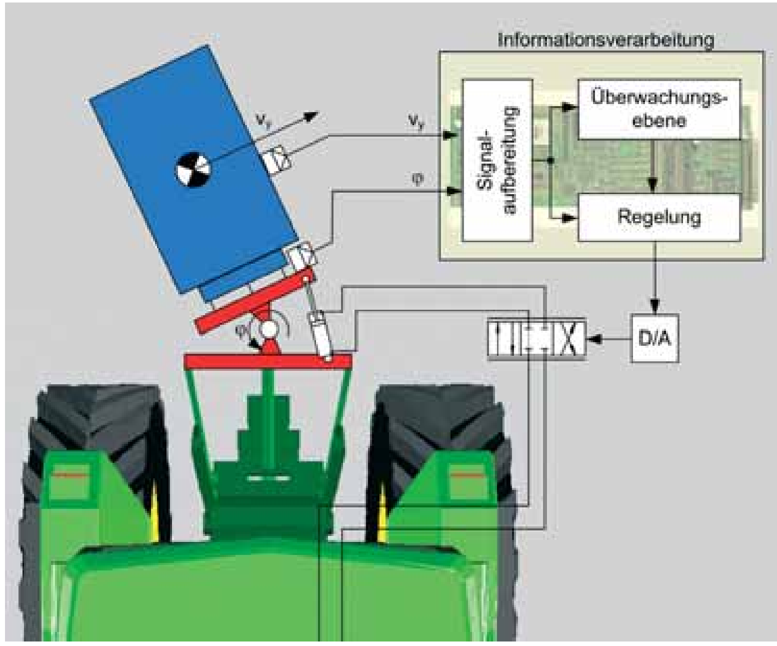


Bild 7: vereinfachte Darstellung des geschlossenen Regelkreises (Traktormodell: John Deere 6920)

Abstract

Durch den steigenden Anteil von Transportfahrten gewinnt die Betrachtung der fahrdynamischen Eigenschaften mobiler Arbeitsmaschinen mit schweren Anbaugeräten immer mehr an Bedeutung. Während bereits ausgereifte Systeme zur Einflussnahme auf die Vertikaldynamik existieren, bietet die Querdynamik noch erhebliches Entwicklungspotenzial. Die vorliegenden Untersuchungen stellen ein Konzept vor, mit dem durch eine intelligente Bewegung des Anbaugerätes sowohl das stationäre als auch das instationäre Lenkverhalten erheblich verbessert werden kann. Das entwickelte Verfahren wurde bisher durch virtuelle Fahrversuche analysiert und bewertet. Die für eine Durchführung von realen Fahrversuchen erforderlichen Vorrichtungen befinden sich momentan in der Vorbereitung.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Alfred Ulrich
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Landmaschinentechnik und Regenerative Energien
Kölner Labor für Baumaschinen
alfred.ulrich@fh-koeln.de

Projektbeteiligter

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Andreas Bogala

und Lenkwinkel und dem Schwenkverhalten des Anbaugerätes, über ein mathematisches Modell des Fahrzeugs, die vorliegende Quergeschwindigkeit zu berechnen.

Zusammenfassung

Die bisherigen, durch umfangreiche Simulation gewonnenen Erkenntnisse zeigen das große Potenzial des Systems auf. Es ist davon auszugehen, dass ein Beitrag dazu geleistet werden kann, den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit von mobilen Arbeitsmaschinen mit schweren Anbaugeräten deutlich zu steigern. Während Fahrassistenzsysteme wie das Elektronische Stabilitäts-Programm (ESP), hauptsächlich personenbezogene Fahrfehler verhindern, liegt mit dem hier beschriebenen Konzept ein System vor, welches über das gesamte Spektrum der Fahrmanöver Vorteile bietet. So ergibt der Einsatz des Systems auch in nicht kritischen Fahrsituationen einen Nutzen, weil der Lenkaufwand und damit die Anforderungen an den Fahrer reduziert werden. Darüber hinaus kann beim Einsatz von langen Anbaugeräten der Straßenbedarf bei Kurvenfahrten verkleinert werden.

Andreas Bogala

Literatur

[1] DE102006023603A1, Ulrich, A.: Vorrichtung und Verfahren zur Reduzierung eines dynamischen Giermomentes an einem Fahrzeug. Anmeldung: 19.05.2006
[2] Ulrich, A.: Ein Verfahren zur Erhöhung der Fahrsicherheit bei Traktoren mit angebauten Heckgeräten. Fachzeitschrift: Landtechnik 33 (1978) H11, S.511/512
[3] Ulrich, A.: Untersuchungen zur Fahrdynamik von Traktoren mit und ohne Anbaugeräte. Dissertation TU Berlin 1983
[4] Ferhadbegović, B.; Böttinger, St.; Kutzbach, H.-D.: Handling Analysis of Agricultural Tractors Using Multi-Body-Simulation. Tagung Landtechnik 2007 in Hannover, VDI- Berichte Nr. 2001, VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 103-108
[5] Hammes, S.: Analytische und experimentelle Untersuchungen zur Fahrdynamik bei Ackerschleppern mit Niederquerschnittsreifen. Diplomarbeit. FH Köln 2007
[6] Manuel, S.: Konstruktion einer hydraulischen Schwenkeinrichtung zur Verbesserung der Fahrzeugquerdynamik von Traktoren mit Anbaugeräten. Diplomarbeit, FH Köln 2008



Als Systemlieferant und Entwicklungspartner für alle bedeutenden Unternehmen der Automobilindustrie erwirtschaftet die HP Pelzer Gruppe mit 5000 Mitarbeitern an weltweit 30 Standorten einen Umsatz von über 600 Mio. Euro, wobei sich unsere Produktionsstätten in fast allen Ländern Europas, in Asien sowie in Nord-und Südamerika befinden. Unsere Produkte sorgen für optimale Schallisolierung und geben dem Innenbereich des Automobils die gewisse „Note". Die HP Pelzer Gruppe bietet einen Arbeitsplatz in einem innovativen und expandierenden Unternehmen mit interessanten Zukunftsperspektiven.

Für unsere Niederlassung in Witten suchen wir engagierte und motivierte

Ingenieure (w/m) für akustisch wirksame Fahrzeugkomponenten

Sie sind:
Erfolgreiche/r Absolvent/-in eines technischen Studiums; idealerweisemit dem Schwerpunkt Akustik?
Interessiert am Umgang mit Schäumen, Teppichen und Vliesstoffen?
Sie möchten als Projekt- und/oder Entwicklungsingenieur/-in in der Automobilzulieferindustrie Karriere machen?
Sie sind an Reisetätigkeit im asiatischen und amerikanischen Raum interessiert?

Ihre Aufgaben:
Erarbeitung von Lösungsvorschlägen für kundenspezifische Anforderungen

Kaufmännische und technische Angebotserstellung

Mitwirkung bei der Sicherstellung der werkstoff-, material-und verfahrensspezifischen Voraussetzungen für die Bauteile aus unserem Produktkatalog

Entwicklung von Standard-und modularen Bauteilen

Selbstständige Bearbeitung von Projekten, Versuchsplanung und -durchführung

Wir bieten Ihnen Freiräume für selbstständiges Arbeiten, unbürokratische Entscheidungswege und attraktive Perspektiven für ihre persönliche und berufliche Weiterentwicklung. Gute Englischkenntnisse setzen wir voraus.

Klingt interessant?
Dann warten Sie nicht länger, denn wir warten auf Sie!

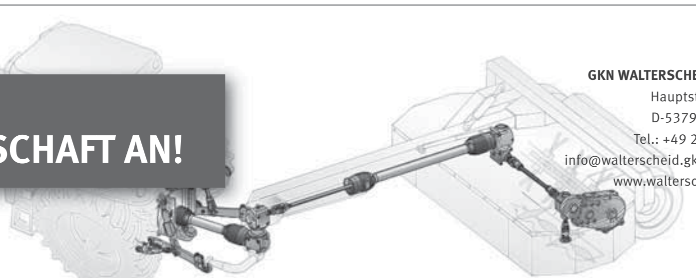
Geben Sie Ihrer Karriere und unserem Unternehmen neue Impulse. Überzeugen Sie uns durch Ihre Bewerbungsunterlagen, die Sie bitte unter Angabe Ihres Gehaltswunsches und des frühesten Eintritttermins an folgende Adresse schicken:

HP Pelzer Group
Entwicklungsgesellschaft (EfA) für Akustik mbH

Zentralbereich Personal, Frau Petra Gregarek - p.gregarek@pelzer.de
Herr Andreas Bartz - a.bartz@pelzer.de
Tel.: +49 (0) 23 02 / 668 -511/402 Brauckstraße 51, D-58454 Witten



WALTERSCHEID
TREIBT DIE LANDWIRTSCHAFT AN!



GKN WALTERSCHEID GMBH
Hauptstraße 150
D-53797 Lohmar
Tel.: +49 2246 12-0
info@walterscheid.gknplc.com
www.walterscheid.com

WALTERSCHEID

Die Landwirtschaft weltweit steht vor gewaltigen Herausforderungen: Eine wachsende Weltbevölkerung mit hochwertigen Nahrungsmitteln zu versorgen, umweltgerechte Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen und nachhaltig unsere Umwelt zu erhalten, sind mehr denn je Kernaufgaben der Landwirtschaft.

Hierzu benötigen Landwirte auf der ganzen Welt effiziente landtechnische Verfahren.

Der Name GKN Walterscheid steht als Weltmarktführer für höchste Qualität und Innovation in der Entwicklung und Herstellung hochwertiger Antriebs- und Anbausysteme für Traktoren und Landmaschinen.

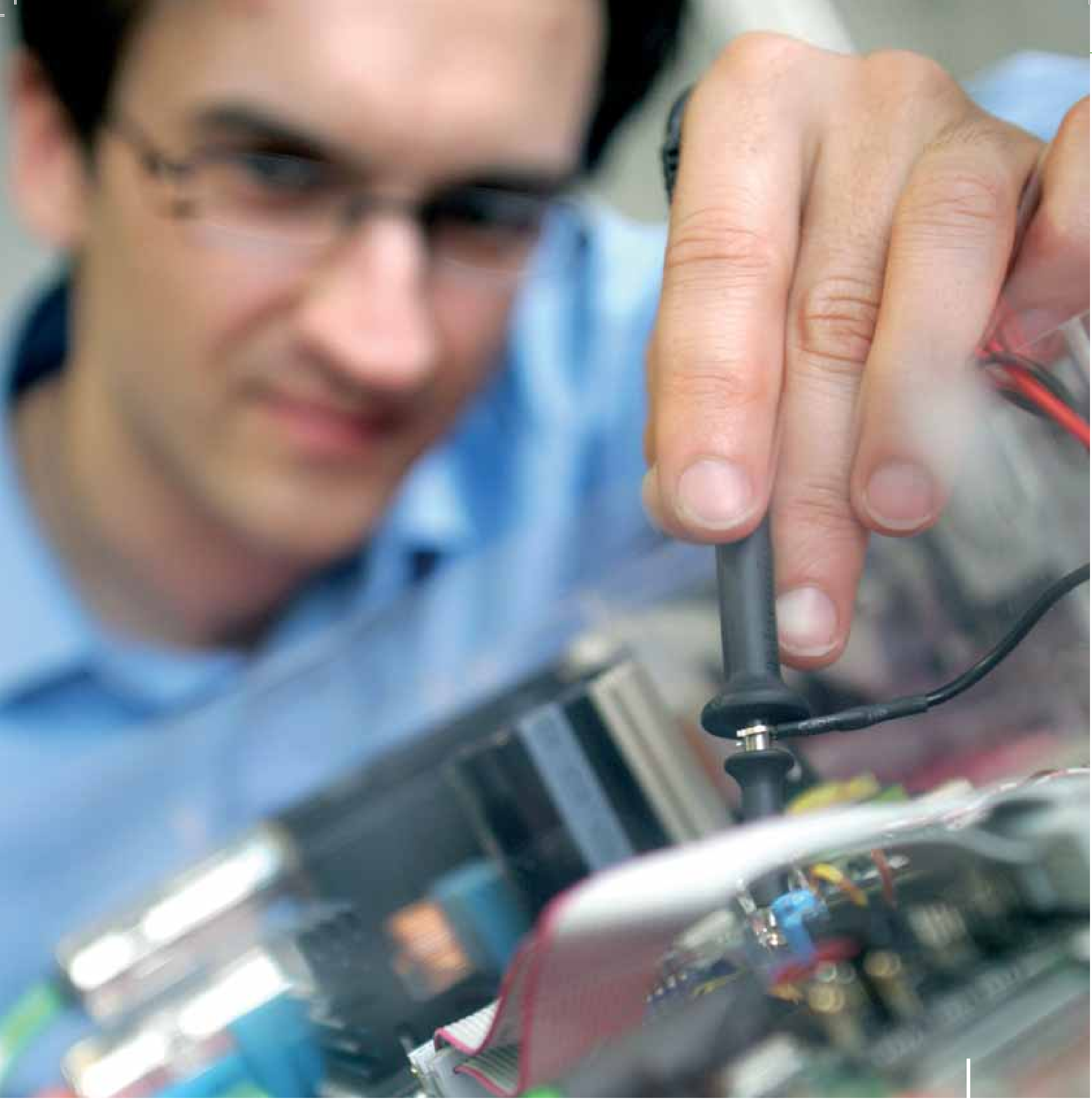
Unsere Antriebssysteme steigern die Produktivität von Landmaschinen auf der ganzen Welt. Dabei arbeiten wir weltweit mit allen namhaften Landmaschinen- und Traktorenherstellern zusammen.

Langjährige Erfahrung, moderne Ingenieur- und Fertigungsleistungen sind unsere Kompetenz, Kundennähe und -service unsere Stärke.

Infos über unsere Angebote für Hochschulabsolventen finden Sie online unter:
www.karriere-bei-walterscheid.info

GKN OFFHIGHWAY

EXPECT MORE



INFORMATIONS-, MEDIEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE

CLUSTER 5

Ein Repository für Daten und Konfigurationen von Künstlichen Neuronalen Netzen

Künstliche neuronale Netze (ANN, artificial neural network) sind Systeme zur Verarbeitung von Informationen. Ihre Struktur ist an die vermutete Funktionsweise des Gehirns angelehnt, allerdings deutlich systematischer und außerordentlich weniger leistungsfähig. Sie werden inzwischen in vielen Gebieten der Simulation, der Klassifikation oder auch der Schätzung zukünftiger Trends eingesetzt. Sie zeigen ihre Stärke insbesondere, wenn die zugrundeliegenden Prozesse wenig bekannt oder nur aufwändig beschreibbar sind. Bild 1 zeigt ein Beispiel für ein einfaches ANN.

Bevor ein ANN seine Aufgabe erfüllen kann, muss es konfiguriert werden. Dies geschieht in der Regel zunächst bezüglich seiner Topologie und im Anschluss daran bezüglich der individuellen Stärken („Gewichte") der Verbindungen zwischen seinen Neuronen. Letzteres erfolgt in einer Trainingsphase, bei der dem ANN eine größere Zahl bekannter Zusammenhänge zwischen Ein- und Ausgängen zur Verfügung gestellt werden und aus denen es seine internen Parameter sukzessiv adaptiert. Im Anschluss an diese Trainingsphase wird das ANN schließlich in den produktiven Einsatz übernommen.

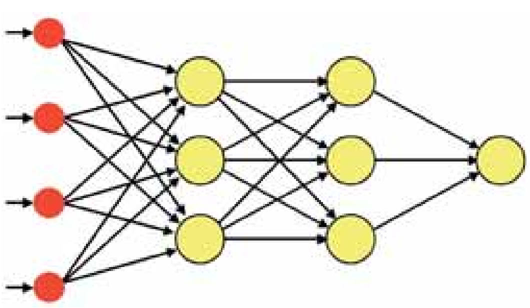


Bild 1

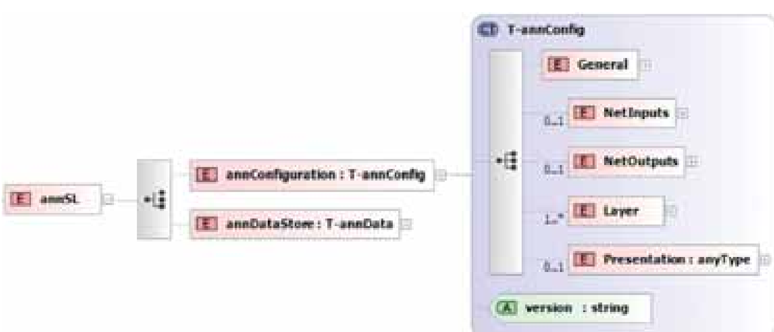


Bild 2

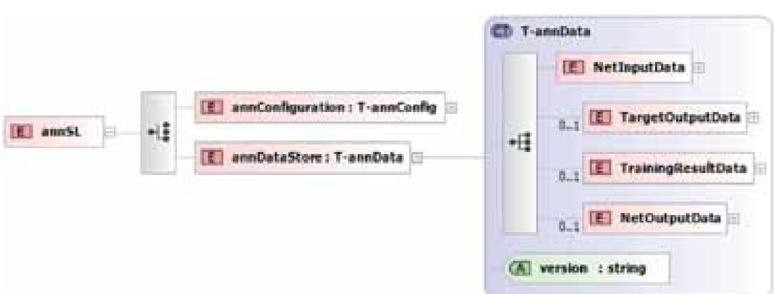


Bild 3

Konzentration von Applikationen auf ihre Hauptaufgabe

Für die persistente Speicherung der ANN Konfiguration und auch der im Training und im produktiven Einsatz verwendeten und erzeugten Daten sind in der Vergangenheit eine Reihe verschiedener Ablageformate definiert worden (z.B. [1], [2], [3], [4], [5]). Die umfassendste Lösung stellt ANNSL (artificial neural network specification language) dar. Bei ANNSL handelt es sich um eine XML Sprache, die zwei Typen von XML-Dateien spezifiziert: Konfigurations-Dateien und Daten-Dateien. ANNSL ist in [6] beschrieben. Eine formale Definition durch ein zugehöriges XML Schema, und einige Beispieldateien können von [7] heruntergeladen werden. Zusätzlich legt eine ausführliche textuelle Spezifikation ([8]) auch die über das XML-Schema hinausgehenden Semantik-Regeln fest.

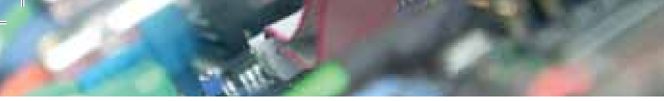
Für die Verwendung von ANNSL in verschiedensten Applikationen zur Speicherung von Daten und Konfigurationen ist es sinnvoll, eine Programmierschnittstelle (API, application programming interface) bereitzustellen, die nicht nur die einzelnen XML-Elemente schreibt oder liest, sondern auch zugleich einen großen Teil der durch ANNSL definierten Regeln beachtet und den Anwender dadurch entlastet. Wenn das dieses API bereitstellende Paket zudem einen schnellen Zugriff durch eine Datenhaltung im Arbeitsspeicher ermöglicht, ist nicht nur ein Load/Store-API, sondern ein leistungsfähiges Repository verfügbar. Das erlaubt es Applikationen, sich auf ihre Hauptaufgaben zu konzentrieren.

Ziel der hier vorgestellten Arbeiten war es, ein solches Repository zu erstellen. Dabei zeigte sich, dass aufgrund der Zweiteilung von ANNSL entsprechend auch ein Design zweier unabhängig nutzbarer Repositories sinnvoll war.

Übersicht über ANNSL

Eine ANNSL-Datei enthält als Root in jedem Fall das XML-Element <annSL>. Dieses beinhaltet entweder ein <annConfiguration> , was zu einer Konfigurations-Datei führt oder ein <annDataStore> , was zu einer Daten-Datei führt.

Bild 2 zeigt die obersten Strukturebenen einer Konfigurations-Datei. Neben allgemeinen Informationen ist <Layer> das zentrale informationstragende Element. Es kann beliebig oft auftreten und beschreibt jeweils die Eigenschaften eines ANN-Layers. Innerhalb von <Layer> wird neben einigen Layer-spezifischen Eigenschaften jedes



ANN-Neuron durch je ein Element <Neuron> beschrieben. Darin werden die individuellen Eigenschaften des Neurons beschrieben – inklusive der Verbindungen, die jeweils einem Input zugeordnet werden.

Bild 3 zeigt die oberste Strukturebene einer Daten-Datei. Hier fällt die Vierteilung auf sowie die Tatsache, dass <NetInputData> in jedem Fall in einer ANNSL-Datei auftreten muss, während die anderen Komponenten optional sind. Zugrunde liegt eine Use Case Analyse, die in [9] näher erläutert wird und die im Wesentlichen in Tabelle 1 zusammengefasst ist. Darin ist dargestellt, ob Daten der vier Klassen im Use Case erzeugt oder genutzt werden.

Den weitaus umfassendsten Teil stellt <TrainingResult-Data> dar. Hier können die wesentlichen Ergebnisse des Trainings wie etwa die erreichten Fehlerwerte nach jeweils einer festen Anzahl Trainingsdurchläufen (Epochen) abgelegt werden. Hier können aber auch alle Details des Trainings, bis hin zur Veränderung jedes einzelnen Verbindungsgewichtes nach jedem einzelnen Trainingsschritt, dokumentiert werden. Zwischen diesen Extremen kann der Inhalt von <TrainingResultData> in weiten Bereichen frei skaliert werden.
Die Bilder 4 und 5 zeigen einen Ausschnitt aus je einer ANNSL-Datei für Konfigurationen und für Daten. Für weitere Details wird auf die entsprechenden Veröffentlichungen verwiesen ([6], [8]).

Die Software-Architektur der Repositories
Die wesentlichen Komponenten, aus denen sich die beiden Repositories zusammensetzen, sind im Klassendiagramm in Bild 6 dargestellt.

AnnConfigRepository ist die zentrale Klasse für den programmiertechnischen Zugriff auf die Konfigurations-Informationen. Sie stellt etwa 100 Methoden zur Verfügung, von denen einige später in diesem Abschnitt kurz beschrieben werden.

AnnDataRepository ist die zentrale Klasse für den programmiertechnischen Zugriff auf die Daten-Informationen. Auch sie stellt etwa 100 Methoden zur Verfügung, die auszugsweise später in diesem Abschnitt kurz erläutert werden.

DataSet ist eine Klasse zur Handhabung eines Datensatzes. Ein Datensatz ist eine Zusammenfassung von Werten. Er wird verwendet als Input-Datensatz, in dem die Werte aller ANN-Inputs zusammengefasst sind; als TargetOutput-Datensatz, der die Sollwerte für die ANN-Outputs enthält und als Output-Datensatz, in dem die tatsächlichen Werte der ANN-Outputs enthalten sind. Ein Datensatz besteht aus einem Identifier, der diesen Datensatz eindeutig kennzeichnet und so beispielsweise einem TargetOutput-Datensatz einen Input-Datensatz eindeutig zuordnen lässt, einem optionalen Namen und einer Reihe von Werten (typischerweise Zahlenwerte).

Klasse Use Case	Input	Target-Output	Training-Result	Net-Output
Training	✓|--	✓|--	--|✓	--|✓
Bewertung	✓|--	✓|--	--|--	--|✓
Produktiver Einsatz	✓|--	--|--	--|--	--|✓
Vorbereitung Training/Bewertung	--|✓	--|✓	--|--	--|--
Vorbereitung produktiver Einsatz	--|✓	--|--	--|--	--|--
Auswertung	✓|--	✓|--	✓|--	✓|--
	(erzeugt|genutzt)			

Tabelle 1

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<annSL>
  <annConfiguration version="1.0">
    <General>
      <Name>Iris1</Name>
      <Description />
      <CreateDate>20080805142714687</CreateDate>
      <Creator>
        <Name>Rainer Bartz</Name>
        <Contact type="email">rainer.bartz@fh-koeln.de</Contact>
      </Creator>
      <LayerCount>4</LayerCount>
      <NetInputCount>4</NetInputCount>
      <NetOutputCount>1</NetOutputCount>
    </General>
    ...
    <Layer layerIndex="1" globalNeuronType="MCP" globalBiasValue="0.0">
      <GlobalActivationFunction type="Sigmoid" />
      <GlobalLearningSpec>
        <LearningFunction type="BackProp">
          <Parameters>
            <LearningRate>2.5</LearningRate>
          </Parameters>
        </LearningFunction>
      </GlobalLearningSpec>
      <Neuron neuronIndex="1" neuronName="n1">
        <Inputs>
          <FromLayers>0 0 0 0</FromLayers>
          <FromNeurons>1 2 3 4</FromNeurons>
          <InputWeights>-0.64953 0.21833 -0.34164 0.99402</InputWeights>
        </Inputs>
      </Neuron>
      <Neuron neuronIndex="2" neuronName="n2">
      ...
```

Bild 4

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<annSL>
  <annDataStore version="1.0">
    <NetInputData>
      <InputCount>4</InputCount>
      <Name>Iris_UCI</Name>
      ...
      <InputDataSet setIndex="1">-0.901  1.032 -1.341 -1.313</InputDataSet>
      <InputDataSet setIndex="2">-1.143 -0.125 -1.341 -1.313</InputDataSet>
    ...
    <TrainingResultData>
      <OutputCount>1</OutputCount>
      <TrainingDate>20080826095206109</TrainingDate>
      <InitialNetConfig>
        <FileNameURL>Iris1_INI.xml</FileNameURL>
      </InitialNetConfig>
      <EpochResult epochIndex="1">
        <ResultingNetConfig>
          <FileNameURL>Iris1\Iris1_1.xml</FileNameURL>
        </ResultingNetConfig>
        <EpochMeanErrors>
          <Error type="MeanSumOfSquares">7.820823147534277E-4</Error>
        </EpochMeanErrors>
        <TrainingResultSet setIndex="1">
        ...
      <EpochResult epochIndex="41">
        <EpochMeanErrors>
          <Error type="MeanSumOfSquares">7.506209951808864E-4</Error>
        </EpochMeanErrors>
      </EpochResult>
      <EpochResult epochIndex="51">
        <EpochMeanErrors>
          <Error type="MeanSumOfSquares">7.425371045899601E-4</Error>
        </EpochMeanErrors>
      </EpochResult>
      <EpochResult epochIndex="61">
      ...
```

Bild 5

EpochResult ist eine Klasse zur Handhabung der Ergebnisse einer Epoche. Während einer Epoche werden im Allgemeinen alle verfügbaren Trainings-Datensätze einmal verwendet – je ein Paar aus einem Input- und einem TargetOutput-Datensatz. Die Ergebnisse einer Epoche können sein

- die mittleren Fehler über alle Trainings-Datensätze in dieser Epoche
- die Fehler jedes einzelnen oder nur ausgewählter Trainings-Datensätze in dieser Epoche
- die sich ergebende ANN-Konfiguration am Ende dieser Epoche
- die sich nach ausgewählten oder nach jedem Trainings-Datensatz ergebende ANN-Konfiguration
- die Output-Datensätze des ANN für einzelne oder alle Trainings-Datensätze

Die Klasse *AnnXmlHelper* stellt einige nützliche Methoden insbesondere zur Umwandlung zwischen Vektoren und Whitespace-separierten Strings sowie zur Behandlung von Datums-Strings zur Verfügung.

Die Implementierung der Repositories erfolgte in Java (in Version 1.6.0). Für das Parsen und Schreiben der XML Dateien wurde JDOM (in Version 1.0) eingesetzt.
Einige wichtige Methoden des Konfigurations-Repository sind in Bild 7 dargestellt. Ihre Namen sind meist selbsterklärend. So kann mit setLayerCount(..) die Zahl der Layer des ANN gesetzt werden. Die Methode setNeuronType(layer, neuron, type) setzt den Typ des Neurons mit dem Index,neuron' in Layer,layer' auf den Wert,type'. Mit writeToXML(fname) kann der gesamte Repository-Inhalt in eine XML-Datei mit dem Namen,fname' geschrieben werden. Mit readFromXML(fname) wird der Dateiinhalt in das Repository geladen, sofern es sich um eine ANNSL-kompatible Konfigurations-Datei handelt.
Eine beispielhafte Nutzung wird in folgendem Java-Programmausschnitt verdeutlicht – der Einfachheit halber mit konstanten Parametern:

```
...
AnnConfigRepository acr = new AnnConfigRepository();
...
acr.setNetName(„myNet“); //a name for the ANN
acr.setNetCreateDate(Date new Date()); //the current
date and time
acr.setNetInputCount(10); //10 net inputs
acr.setNetOutputCount(7); //7 net outputs
acr.setLayerCount(4); //input, 2 hidden, output layer
```

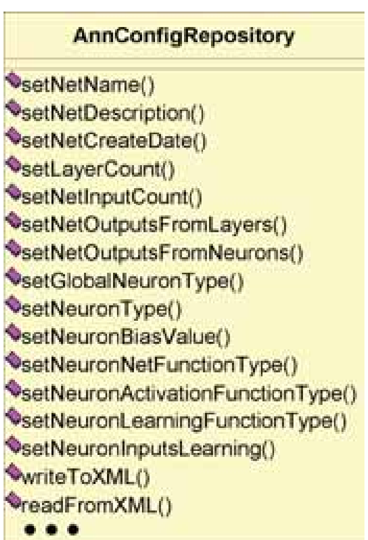


Bild 7



Bild 8

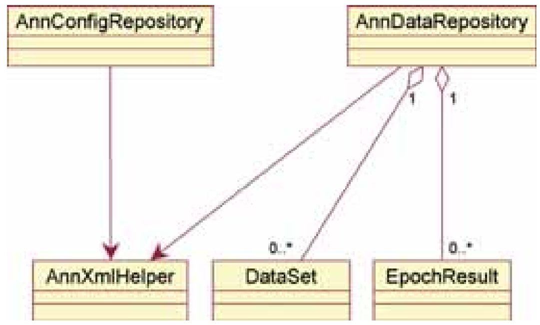


Bild 6

```
acr.setGlobalBiasValue(1, 0.5); //
all neurons in layer 1: bias=0.5
...
acr.setNeuronType(1,2,"MCP"); //
neuron with index 2 in layer 1: MCP
...
String fname="myConfigFile.xml";
String writeLog = acr.
writeToXML(fname); //returns a re-
port on writing
...
```

Wichtige Methoden des Daten-Repository zeigt Bild 8. Mit setInputCount(..) wird die Anzahl der Input-Werte gesetzt, die das Repository verwaltet. Die Methode getInputSetIndices() liefert ein Array zurück, in dem alle im Repository verfügbaren Datensatz-Identifier von Input-Datensätzen enthalten sind. Somit gibt es keine Notwendigkeit, fortlaufende Identifier zu verwenden. Ausschnitte aus Datensammlungen wie etwa jeder 2. Datensatz, sind verwendbar, ohne dass darin zunächst für lückenlose Identifier gesorgt werden muss. Über getInputDataSet(setIndex) kann der Input-Datensatz geholt werden, dessen Identifier mit dem Wert von 'setIndex' übereinstimmt, sofern ein Solcher verfügbar ist. Der Zugriff auf die Daten selbst erfolgt über Instanzen von DataSet: getValues() und liefert ein Array mit allen Werten des Datensatzes, während getValueCount() die Anzahl der Werte bereitstellt.

Auch hier soll die Nutzung durch einen Java-Programmausschnitt verdeutlicht werden:

```
...
AnnDataRepository adr = new AnnData-
Repository();
String inFname="myInitialDataFile.
xml";
adr.readFromXML(inFname);
...
int ic = adr.getInputCount(); //
number of input data
int[] inIds = adr.getInputSetIndi-
ces();//indices of the input data
```

```
int setCount = inIds.length; //num-
ber of input data sets
for (i=0; i<setCount; i++) { //for
all input data sets available...
  DataSet inSet = adr.getInputDataSet
(inIds[i]);//retrieve a data set
  double[] inValues = inSet.getVa-
lues();//get values of the data set
  ...
  putValuesToANNInputs(inValues);
//feed the ANN somehow
  calcANN(); //invoke an ANN run so-
mehow
  double[] outValues = getValuesFro-
mANNOutputs();//get outputs somehow
  ...
  DataSet outSet = new DataSet();
  outSet.setIndex(inIds[i]); //same
index as corresponding input set
  outSet.setValues(outValues); //
put values to data set
  adr.addOutputDataSet(outSet); //
add data set to repository
  ...
}
...
String fname="myFinalDataFile.xml";
adr.writeToXML(fname); //and write
extended repository to file
...
```

Die Methoden putValuesToANNInputs(..), calcANN(), getValuesFromANNOutputs() stehen in diesem Beispiel nur repräsentativ für Aktionen, die erforderlich sind, um die Input-Werte dem ANN zur Verfügung zu stellen, das ANN daraus die Output-Werte berechnen zu lassen und diese schließlich wieder vom ANN abzuholen.

Beispielhafter Einsatz der Repositories in ANNCOLOGNE

Die Repositories werden in dem an der FH Köln neu entstandenen ANN Tool ANNCOLOGNE eingesetzt. Dieses Tool ist eine Client/Server Implementierung eines ANN; weitere Informationen finden sich in R. Bartz: "Client/Server-Architektur eines verteilten ANN mit XML-basierter Ablage" [9]. Bild 9 gibt einen Überblick über die interne Strukturierung.
Anders als bei vielen C/S-Architekturen, die häufig einen Server für viele Clients vorsehen, war die Zielsetzung hier, die für eine Aufgabe zur Verfügung stehende Rechenleistung durch Verteilung auf viele Rechner zu erhöhen. Daher findet man hier typischerweise einen Client, dem eine größere Zahl Server zuarbeiten. Da die Server-Applikationen unter Umständen auf physikalisch weit entfernten Rechnern laufen, ist ein lokales Datenmanagement auf Client-Seite erforderlich.
In Bild 9 wird deutlich, dass die ANNSL-Dateien auf Client-Seite liegen und jeweils einem Repository zugeordnet sind. Das Validation Repository ist dabei ein Daten-Repository für spezielle Validierungszwecke. Die ANN Funktionalität liegt im Wesentlichen auf Server-Seite und wird über ein spezielles Java-Interface bedient.
Es zeigte sich, dass bei bestimmten Konstellationen die Performance über dieses Java-Interface unbefriedigend war. Durch die funktional reiche Implementierung der Repositories konnte dies jedoch unmittelbar dadurch gelöst werden, dass bei Bedarf auch auf Server-Seite ein Daten-Repository instanziiert wird. Dieses serverseitige Repository wird allerdings nicht über eine Datei auf Server-Seite sondern über das Java-Interface befüllt.

Ergebnisse und Ausblick

Durch die hier vorgestellten Arbeiten sind mit den beiden beschriebenen Repositories wesentliche Bausteine entstanden für Applikationen, die ANN Konfigurationen oder Daten in ANNSL-kompatibler Form verwenden. Diese Repositories beinhalten jeweils eine umfangreiche Methodensammlung, mit der ein komfortabler Zugriff auf die beinhaltete Information aus einer Java-Applikation heraus möglich ist.

Die Performance insbesondere bei großen ANN Konfigurationen oder bei großen Mengen an Input-, Output- oder auch Trainingsdaten wird letztlich über die Akzeptanz dieser Repositories mit entscheiden. Aus diesem Grunde wurden einige Messungen zum Zeitbedarf bei größeren Konstellationen vorgenommen. Bei den Untersuchungen des Zeitbedarfs (mit Hilfe eines Intel Dual-Core 2,0MHz XP Systems) ergab sich:

für das Schreiben eines Konfigurations-Repositories eines ANN

- mit 875 Inputs, jeweils 400 Neuronen in 2 Hidden Layern und 70 Output Neuronen ein Zeitbedarf von unter 1s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 13,6 MB.
- mit 200 Inputs, 10000 Neuronen in einem Hidden Layer und 200 Output Neuronen ein Zeitbedarf von etwa 4s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 110 MB.
- mit 50 Inputs, jeweils 10 Neuronen in 500 Hidden Layern und 50 Output Neuronen ein Zeitbedarf von etwa 2s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 6,3 MB.

Für das Schreiben eines Daten-Repositories

- mit 875 Input-Werten, 70 Output-Werten, 100 DataSets und dem vollständigen Ergebnis von 50 Epochen (jedoch ohne die separaten Konfigurations-Dateien) ein Zeitbedarf von unter 1s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 5,2 MB.
- mit 875 Input- und 70 Output-Werten sowie 1000 DataSets (jedoch ohne Trainings-Informationen) ein Zeitbedarf von ~8s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 6,9 MB.

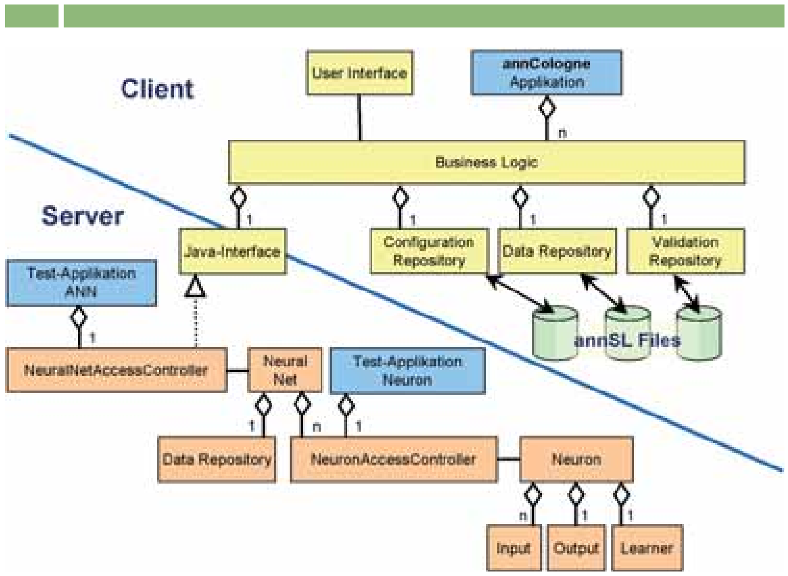


Bild 9

- mit 50 Input- und 50 Output-Werten sowie 5000 DataSets (jedoch ohne Trainings-Informationen) ein Zeitbedarf von ~33s. Die Größe der annSL-Datei lag bei ca. 6,2MB.

Der Zeitbedarf für das Lesen solcher Dateien lag in derselben Größenordnung. Die Repositories sorgen für die Einhaltung der annSL Spezifikation. Sie erübrigen ein direktes Schreiben oder Lesen von XML Texten. Applikationsentwickler können sich so auf die eigentlichen Aufgaben konzentrieren und müssen den XML-Teil der Ablage nicht näher kennen lernen. Mit den Repositories wurden in annCologne sehr gute Erfahrungen gemacht. Sie werden zukünftig auch in weiteren Applikationen eingesetzt.

Rainer Bartz

Literatur

[1] D. Rubtsov, S. Butakov, „A unified format for trained neural network description," Proc. of the 2001 Int. Joint Conf. on Neural Networks, Washington, Vol. 4, pp.2367-2372, 2001

[2] A.R. de Soto, C.A. Capdevila, E.C. Fernández,„Fuzzy Systems and Neural Networks XML Schemas for Soft Computing," Mathware & Soft Computing, (Vol. X, Núm. 2-3, Part B: Applications. Special issue on fuzzy sets in computer vision), 2003

[3] P. Makhfi, „NNDEF Document Type Definition," published online, www.makhfi.com/nndef_v1_0.htm, 2003

[4] A. Madhusudanan, „NXML - Introducing an XML Based Language To Perform Neural Network Processing, Image Analysis, Pattern Detection Etc," www.codeproject.com/KB/dotnet/nxml.aspx, 2006

[5] Data Mining Group (DMG), „The Predictive Model Markup Language (PMML)," version 3.2, www.dmg.org/pmml-v3-2.html, May 2007

[6] R. Bartz, „Contribution to an XML-based Representation of Information Related to Artificial Neural Networks", IECON'08: 34th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2008 (accepted)

[7] www.nt-rt.fh-koeln/research/annSL/index.html

[8] R. Bartz, "The Artificial Neural Network Specification Language annSL," www.nt-rt.fh-koeln.de/research/annSL/index.html, v1.0, 2008

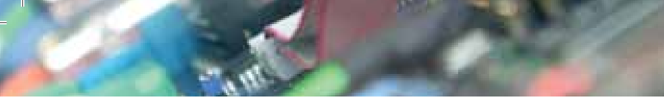
[9] R. Bartz, "Client/Server-Architektur eines verteilten ANN mit XML-basierter Ablage", 18. Workshop Computational Intelligence, VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), 2008 (accepted)

Abstract

Diese Arbeit beschreibt ein Repository für Konfigurationen von künstlichen neuronalen Netzen und für Daten, die im Zusammenhang mit solchen künstlichen neuronalen Netzen auftreten. Das Repository kann mit annSL-kompatiblen XML Dateien gefüllt werden. Es stellt Methoden für den schreibenden und lesenden Zugriff auf seine Inhalte über ein umfangreiches Java-API zur Verfügung. Seine Inhalte können schließlich wieder in annSL-kompatiblen XML Dateien gespeichert werden. Informationen zur Performance des Repository und zu seiner Nutzung in annCologne, einer Implementierung eines künstlichen neuronalen Netzes, werden vermittelt.

Projektleitung

Prof.Dr.-Ing. Rainer Bartz
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Nachrichtentechnik
E-Mail: rainer.bartz@fh-koeln.de



Untersuchung von Messverfahren zur Auslese von Hirnströmen im Rahmen der ADHS-Therapie

Anregung und Motivation für dieses Forschungsthema ist die Suche nach einer alternativen, medikamentenfreien Behandlungsmethode für an ADS/ADHS erkrankte Menschen. In der Regel werden die Patienten mit Medikamenten behandelt, deren Nebenwirkungen enorme Schäden verursachen können. Zudem ist nicht klar, ob tatsächlich die Ursachen der Krankheit bekämpft werden, oder ob lediglich die Symptome unterdrückt werden. Hauptbehandlungsmittel ist Ritalin. Ritalin ist eine Amphetaminähnliche Substanz, welche die Wiederaufnahme von Dopamin und Noradrenalin in den Präsynapsen hemmt und somit deren Konzentration im synaptischen Spalt erhört. Für die Wirkung des Medikamentes bei an ADS/ADHS erkrankten Personen gibt es unterschiedliche Hypothesen.

Um diese Unsicherheiten und Gefahren auszuschließen oder zu verringern, wurde ein völlig neuer, medikamentenfreier Behandlungsansatz untersucht. Dieser soll die Konzentrationsfähigkeit des Patienten mit Hilfe eines an einem Computer durchgeführten Trainings steigern. Hierbei wird die Gehirnaktivität gemessen und durch eine Elektronik an den Computer weitergegeben. Der Bildschirm des Computers zeigt beispielsweise eine Unterwasserwelt, in der sich ein Fisch von links nach rechts bewegt. Durch bewusste Steigerung der Konzentration kann der Fisch dann nach oben gesteuert werden, durch Entspannung nach unten. Wichtig war es herauszufinden, welche Messmethode zur Abgreifung der Hirnströme bzw. Potentiale bei ADS/ADHS erkrankten Personen am besten geeignet ist. Hierzu wurden verschiedene Methoden des Biofeedbacks untersucht.

Als Biofeedback bezeichnet man das Erfassen und „sichtbar machen" von Reaktionen bestimmter Körperfunktionen bzw. Organzustände, die sich unbewusst bei bestimmten Reizen verändern. Der wohl bekannteste und älteste Anwendungsfall dürfte der Lügendetektor sein. Dieser misst beispielsweise den Hautwiderstand. Neben dem Hautwiderstand gibt es noch weitere Messgrößen, z.B. die Atmung, den Blutdruck, den Puls und verschiedene Indikatoren für Gehirnaktivitäten. In diesem Bereich spricht man dann auch von Neurofeedback.



Abb. 1: Messaufbau Biofeedback an der Uni zu Köln

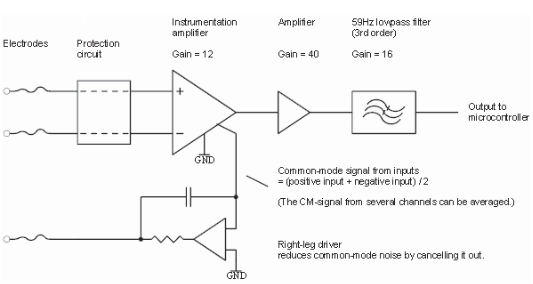


Abb. 2: Einfaches Blockschaltbild des modularen EEG

Messverfahren:
Elektroenzephalographie (EEG)

Das elektrische Potential lässt sich mit der Oberfläche des Meeres, auf dem eine Anzahl Bojen – die Elektroden – schaukeln, vergleichen. Das Auf und Ab der Bojen repräsentiert die Änderungen des elektrischen Potentials. Jede Elektrode kann als Bezugspunkt, gegen den das Potential der anderen Elektrode gemessen wird, gewählt werden. Es darf aber niemals angenommen werden, dass das Potential dieses Bezugspunktes konstant ist und durch das EEG-Signal nicht beeinflusst wird. Ziel der konventionellen Ableittechniken ist die Lokalisation der Potentialquellen durch Messung der elektrischen Potentialverteilung auf dem Kopf. Die Polarität des Signals bestimmt die Richtung, in der das Anzeigegeräte (Schreiber) ausgelenkt wird, das an die Eingangsanschlüsse der jeweiligen Kanäle gelegt ist. Es gibt drei grundlegende Methoden, elektrische Signale von einer Elektrodenanordnung abzuleiten.
Das gängigste Ableitsystem ist das, bei dem die Position für 19 Ableitelektroden nach oben abgebildeten Bezugspunkten festgelegt wird. Die Entfernung der Elektroden wird mit dem Maßband in Zehner- bzw. Zwanziger Schritten prozentual unterteilt. Da Schädelasymmetrien häufig auch Hirnasymmetrien entsprechen, ist die Zuordnung der Elektroden zur Anatomie relativ genau.

OpenEEG

Das OpenEEG ist ein freies Projekt und für jedermann zugänglich. Da viele Menschen am Neurofeedback bzw. dem EEG Interesse haben, wurde zu diesem Projekt mittlerweile auch die Plattform im Internet gegründet. Ziel ist es, ein kostengünstiges EEG zu entwickeln, welches sich jeder selbst zusammenbauen und nutzen kann. Auch die Software zur Auswertung der Signale ist frei zugänglich. Die aus diesem Projekt resultierende Schaltung soll hier im Folgenden beschrieben und die Arbeitsweise erläutert werden.
Das EEG-Signal wird von zwei Elektroden abgenommen und durch die Schutzschaltung zu einem hochwertigen Instrumentationsverstärker geführt, der durch Diffe-

renzverstärkung für eine hohe Unterdrückung von Störsignalen sorgt. Die Schutzbeschaltung dient zum einen dem Schutz der Schaltung gegen zu große Signale von außen (ESD), zum anderen aber auch zum Schutz der Person gegen mögliche Fehler im Schaltungsaufbau. Eine genaue Analyse des OpenEEGs benötigt sicherlich einen besseren Abgriff der Signale, aber für einen ersten Funktionstest ist dieser Aufbau ausreichend. So sind im Messsignal beispielsweise Artefakte aus Augenbewegungen deutlich erkennbar. Es wurden eine Reihe von Messungen mit dem Open EEG-Versuchsaufbau an der FH durchgeführt, um die Handhabung zu vereinfachen.

Hämoenzephalographie (HEG)

Die Hämoenzephalographie ist, wie die Elektroenzephalographie (EEG), ein Messverfahren, um die Aktivität des Gehirns zu messen. Jedoch sind die beiden Verfahren grundverschieden. Beim EEG wird, wie ja bereits beschrieben, die elektrische Aktivität des Gehirns direkt gemessen. Auf die Vorzüge bzw. Probleme dieses Verfahrens soll an dieser Stelle nicht erneut eingegangen werden. Bei der Hämoenzephalographie wird die Aktivität indirekt durch die Messung der Sauerstoffsättigung an den gewünschten Gehirnarealen ermittelt. Basis für diesen Ansatz ist das Wissen um den allgemeinen Zusammenhang zwischen Zellaktivität und benötigter Sauerstoffmenge, also die Tatsache, dass Zellen für gesteigerte Aktivität mehr Sauerstoff benötigen als bei Inaktivität. Demnach muss das Blut, das die aktiven Bereiche des Gehirns versorgt, eine höhere Sauerstoffsättigung aufweisen als das Blut, das die inaktiven Bereiche versorgt. Es gibt im Wesentlichen zwei Verfahren, um die Sauerstoffsättigung in Blut nichtinvasiv bestimmen zu können.

Nahinfrarot-Spektrosopie

Die Nahinfrarotspektroskopie ist ein Messverfahren, bei dem die Veränderung der optischen Eigenschaften des Hämoglobins genutzt wird. Allgemein wird bei der nIR-Spektroskopie das Absorptionsverhalten einer Probe ermittelt und die Ergebnisse mit den Absorptions-Charakteristika bekannter Stoffe verglichen. So lässt die Zusammensetzung der Probe bestimmen. Im Bezug auf medizinische Applikationen ist vor allem die Pulsoximetrie zu nennen, die das gleiche Messprinzip verwendet wie die Hämoenzephalographie.

Die Ursache für das unterschiedliche Absorptionsverhalten der Derivate liegt in der Eigenschwingung der im Hämoglobinmolekül enthaltenen Atome und deren Anordnung im Molekül.

Pulsoximeter, also auch Heg-Geräte, arbeiten mit zwei Wellenlängen, so dass sich nur zwei unterschiedliche Stoffe in der Probe identifizieren lassen und alle anderen zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen. Fehler, die auf Streuung im Gewebe und inhomogene Verteilung der verschiedenen Absorber (Knochen, Haut usw.) zurückzuführen sind, lassen sich durch empirisch ermittelte Korrekturfaktoren reduzieren. Um die Kompensation der Fehler, die durch unbekannte Absorber entstehen, zu verstehen, betrachten wir zunächst die Messanordnung.

Bei der Messung der Sauerstoffsättigung mittels nIR-Spektroskopie wird Licht mit ~650nm, also Rot, und ~940nm, also nahes Infrarot, mit relativ geringer Leistung in das zu untersuchende Gewebe gesendet. Hierbei kommen normale Leuchtdioden zum Einsatz, die gut in den benötigten Wellenlängen erhältlich sind und die in einem Kopfband untergebracht sind, dass sie direkt auf der Stirn aufliegen. Ebenfalls in dem Kopfband angebracht sind eine bzw. zwei Photodioden, die das durchtretende Licht und so die Absorption des Lichtweges messen. Der Abstand zwischen Sende- und Empfangsdioden beträt ca. 30 mm und sie sind optisch voneinander getrennt. Die Messung benötigt im Grunde nur einen Lichtsensor. Verwendet man aber eine zweite Photodiode, in einer bestimmten Anordnung, so lassen sich Streuungsfehler besser kompensieren. Das Kopfband kann die Sensorik gut am Kopf halten, außerdem dient es der Abschirmung der Messung gegen Fremdlicht.

Zu Testzwecken hat uns die Universität Köln ein solches Gerät zur Verfügung gestellt, jedoch haben erste Messungen der emittierten Wellenlängen schnell gezeigt, dass sich die Emissionsstärken für rotes bzw. infrarotes Licht um Größenordnungen unterscheiden.

Dieses Ergebnis unterstreicht die ersten Erfahrungen aus Köln, wonach die Messergebnisse dieses Geräts kaum unterscheiden, ob ein menschlicher Proband es aufgesetzt hat oder ob es einem beliebigen Gegenstand wie z.B. einer Orange angelegt wird. Weder ist in den Rohdaten der Puls erkennbar, noch ändert sich der Sauerstoffwert durch Luftanhalten oder Atmen reinen Sauerstoffs. Daher wurden nach der Emissionsmessung keine weiteren Versuche durchgeführt.

Da der benötigte Sourcecode ebenfalls verfügbar ist, ließe sich so vermutlich eine erste Messanordnung mit PC-Schnittstelle realisieren. Ein entsprechender Sensor sollte sich aus handelsüblichen Rot- / Infrarotdioden und einer

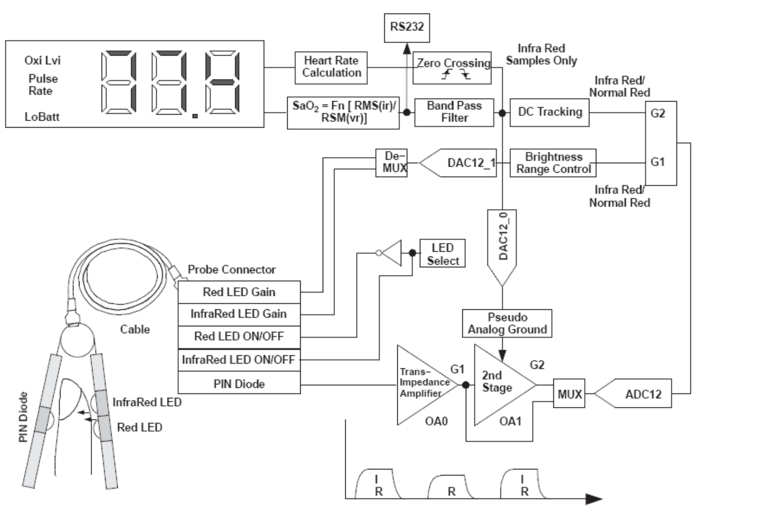
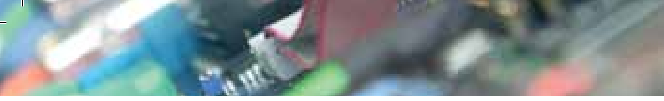


Abb. 3: Schematische Darstellung des Pulsoximeter mit MSP430



Abb. 4 : Aufnahme des Kopfes mit einer Wärmebildkamera



Photodiode herstellen lassen. Und das Messverfahren für die Hämoenzephalographie ist im Grunde das gleiche wie für die Pulsoximetrie, nur das man vermutlich einige Programmparameter anpassen muss.

Passive Infrarotspektroskopie

Bei der pIR-Spektroskopie wird, anders als bei der nIR-Spektroskopie, die Wärmeabstrahlung des Kopfes gemessen. Nach einer Theorie soll diese im Wesentlichen von der Aktivität des Gehirns abhängen und so ein Index für diese sein. Genau wie bei der nIR-Spektroskopie entfallen Messfehler auf Grund von Muskelartefakten wie bei der Elektroenzephalographie.

Diese Messungen können entweder mit einer Wärmebildkamera oder mit einzelnen Infrarotsensoren durchgeführt werden. Letzteres ist vor allem kostengünstiger, da nur drei einzelne Sensoren benötigt werden, die dennoch eine Auflösung von 0,005 K (0,01 °F) aufweisen müssen. Diese werden ähnlich der Messanordnung beim nIR-HEG in einem Kopfband untergebracht und so auf die Stirn gerichtet.

Die pIR-Spektroskopie wird zurzeit hauptsächlich zur experimentellen Behandlung von Migräne eingesetzt und zeigt dort gute Erfolge. So berichteten zwar 90 von 100 Probanden einer Studie mit Migränepatienten von deutlicher Reduzierung der Schmerzen. Jedoch ist fraglich, ob wirklich die Gehirnaktivität für die Temperaturveränderung verantwortlich ist. Denn die Gesamtkörpertemperatur nimmt auch Einfluss auf die Messungen und diese ändert sich sicherlich durch den Stress, den die Kopfschmerzen für den Patienten bedeuten. Werden die Kopfschmerzen schwächer, so entspannt sich der Körper und die Temperatur sinkt wieder.
Derzeit laufen Versuche, die den Zusammenhang zwischen Kopftemperatur und Gehirnaktivität nachweisen sollen. Allerdings liegen bisher keine aussagekräftigen Ergebnisse vor. Und selbst wenn dieser besteht, ist noch zu klären, welche Reaktionszeit ein solches System hat, denn die Änderung der Gehirntemperatur muss sich durch das übrige Gewebe übertragen, um außen gemessen werden zu können. Also stellt dieses Verfahren jedenfalls derzeit keine Messalternative im Rahmen der Aufgabenstellung dar. Da dem Institut jedoch eine Wärmebildkamera mit einer Auflösung von 50mK zur Verfügung steht, sollte eine der nachfolgenden Studentengruppen in diesem Bereich Probemessungen durchführen.

Fazit

Auch wenn derzeit keine der möglichen Behandlungsvarianten ADS bzw. ADHS wirklich heilen kann, so ist es umso wichtiger, einen Weg zu finden, wie die Betroffenen besser mit dieser Krankheit leben können. Für viele Menschen sind Medikamente derzeit die einzige Möglichkeit, die Symptome zu lindern und so ein halbwegs normales Leben zu führen. Über die Langzeitnebenwirkungen dieser Medikamente gibt es bisher wenig fundierte Informationen. Was keineswegs heißen soll, dass es sie nicht gibt. Im Gegenteil, die Indizien häufen sich sogar, doch im Vertrieb von Ritalin und ähnlichen Mitteln stecken Umsätze in Milliardenhöhe und so wird von Seiten der Pharmaindustrie wenig unternommen, um diesen Indizien nachzugehen. Unabhängig von unbekannten Nebenwirkungen ist das größte Problem bei medikamentöser Behandlung, dass die Symptome ungemildert zurückkommen, sobald die Medikamente abgesetzt werden. Daher ist die Suche nach Alternativen wie z.B. Neurofeedback-Training unbedingt notwendig. Die in diesem Bereich bislang verwendeten Methoden mit EEG-Geräten sind jedoch recht mühsam und man kann sich kaum vorstellen, dass hyperaktive Kinder sich durch aufwendig am Kopf befestigte Elektroden therapieren lassen.

Also wäre es hilfreich, wenn im Rahmen der Fortsetzung dieses Projektes entweder nach besseren Abgriffmöglichkeiten für konventionelle EEG-Messungen oder aber im Bereich der Hämoenzephalographie weiter experimentiert würde. Dieses Verfahren stellt möglicher Weise eine gute Alternative zur Elektroenzephalographie dar, die ja auf die gute Kontaktierung mit der Haut angewiesen ist und zusätzlich durch Muskelartefakte gestört wird. Weiterhin sollten Messungen mit Wärmebildkameras und passiven Infrarotsensoren durchgeführt werden.

Hartmut Bärwolff

Abstract

In Zusammenarbeit zwischen dem Institut für psychologische Diagnostik der Universität zu Köln und dem Institut Electronics & Information Engineering, Arbeitsbereich Optoelektronik, wurden unterschiedliche Messverfahren zur Thematik Bio- bzw. Neurofeedback untersucht und bezüglich ihrer Eignung, besonders für ein mobiles Testgerät, abgeschätzt. Zielgruppe solcher Untersuchungen sind Personen mit ADS/ADHS (Aufmerksamkeits-Defizit- Hyperaktivität- Syndrom). Dieses ist gekennzeichnet durch behindernd stark ausgeprägte und seit der Kindheit bestehende Störungen der Konzentrationsfähigkeit und der Handlungskontrolle, in vielen Fällen durch motorische Hyperaktivität.

Projektleitung

Prof. Dr. Hartmut Bärwolff
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Elektronik und Information Engineering
E-Mail: baerwolff@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Andreas Wagen
Aline Kamp, Jakob Kleinen, Tobias Etscheid

Beurteilung der Qualität von Lacken und Farben mit Methoden der Bildverarbeitung

Die Aufgabenstellung der Firma Getzmann in Reichshof Brüchermühle besteht darin, die ca. 8 cm breite und etwa 19 cm lange Fläche des Grindometers (siehe Abb. 1) hochauflösend zu scannen. Es soll eine hochwertige Aufnahme mit sehr guter Auflösung (ca. 20µm) erstellt werden, die Riefen und sonstige Konturen auf der Lackoberfläche sichtbar macht. Dazu gehört die Wahl der geeigneten Kamera, des Objektives, der Beleuchtungstechnik und einer entsprechenden Software, um optimale Ergebnisse zu erhalten.

Die Anforderungen an das Projekt sind, dass die gesamte Fläche des Grindometers in Farbe nach der DIN EN ISO 1524 aufgenommen und Pigmente mit einer Auflösung von 30µm erfasst werden können. Die farbechte Wiedergabe ist eine wichtige Eigenschaft. Die Herstellungskosten sollen 2000-3000 Euro nicht übersteigen. Das Verfahren ist kurzfristig zu entwickeln, um danach in ein Produkt überführt zu werden. Die Bedienung der geplanten Maschine soll so erfolgen, dass man nur den Lack auf das Grindometer aufträgt, eine Abdeckhaube schließt, der Vorgang (Lack mit Rakel, also dem Stahlband, durch eine mechanische Vorrichtung abziehen und Ergebnis aufnehmen) automatisch abläuft und ein Messergebnis, in Form eines Bildes, auf dem Computer ausgegeben und gespeichert wird.

Entscheidungskriterien zur Findung des optimalen Aufnahmeverfahrens

Wahl der Kamera: Zeilen- vs. Matrixkamera

Um eine Bewertung der Kamerasysteme vorzunehmen, wurden die vier wichtigsten Kriterien einer Kamera bewichtet und einer Bewertung unterzogen (siehe Tabelle 1).

Das wichtigste (40 % Gewichtung) Kriterium ist die Auflösung der Kamera, da kleinste (1-80 µm) Unebenheiten aufzulösen sind. Mit einer Zeilenkamera ist aus bautechnischen Gründen eine höhere Auflösung zu erzielen, da eine dichtere Anordnung der Sensoren realisiert werden kann. Daraus folgt, dass die Zeilenkamera in dem Kriterium Auflösung besser abschneidet als die Matrixkamera. Die Kosten sind hier auch niedriger.

Die Bildverzerrung stellt das zweitwichtigste Kriterium dar (25 % Gewichtung), da das aufgenommene Bild möglichst maßstabsgetreu sein soll, um eine spätere rechnergestützte Bildauswertung möglich zu machen. Bei einer Matrixkamera treten Verzerrungen in x- und y-Richtung auf, wobei bei einer Zeilenkamera Verzerrungen nur in die x-Richtung des aufgenommenen Bildes vorkommen. Daraus folgt, dass die Zeilenkamera in diesem Kriterium besser abschneidet.

Kriterium	Gewichtung	Matrixkamera		Zeilenkamera	
	in %	Bewertung	Bew*Gew	Bewertung	Bew*Gew
Auflösung	40%	0	0	10	4
Bildverzerrung	25%	0	0	10	2,5
Handhabung	20%	10	2	0	0
Aufnahmezeit	15%	10	1,5	0	0
Summe	100%		3,5		6,5

Tabelle 1: Bewertung der Kamera-Systeme

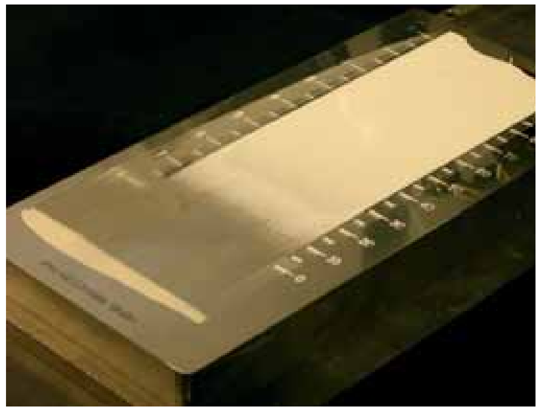


Abb. 1: Grindometer

Bei der Handhabung wurde die Benutzerfreundlichkeit im Umgang mit der Kamera bewertet. Die Zeilenkamera hat den großen Nachteil, dass für die Bildaufnahme eine Bewegung erforderlich ist, die genau mit der Zeilenfrequenz und der Integrationszeit der Kamera abgestimmt werden muss. Daraus folgt, dass die Matrixkamera beim Kriterium Handhabung besser abschneidet.

Die Aufnahmezeit ist in der Aufgabenstellung und in der DIN EN ISO 1524 auf „so schnell wie möglich (innerhalb von Sekunden) nach dem Ausstreichen der Probe" bemessen. Somit ist die Matrixkamera im Vorteil, da das gesamte Bild gleichzeitig erfasst wird.

Fazit: Nach dem angewandten Verfahren zur Bewertung erhält die Matrixkamera 3,5 Punkte und die Zeilenkamera 6,5 Punkte. Daraus folgt, dass die Zeilenkamera für unsere Anwendung die bessere Wahl ist.

Wahl der Beleuchtung

Die diesbezüglichen Anforderungen sind: erstens eine gleichmäßige Beleuchtung der einzuscannenden Zeile zu realisieren und zweitens Riefen bzw. Konturen auf der Lackoberfläche sichtbar zu machen.

Als erstes ist zu wählen, ob man sich für ein direktes Auflicht, eine diffuse oder eine Dunkelfeld-Beleuchtung entscheidet. Aufgrund der spiegelnden Oberfläche des Grindometers führt direktes Auflicht zur direkten Reflexion des Lichts in die Kamera und somit zu einer Überbeleuchtung. Da zum einen das Grindometer eine spiegelnde Oberfläche hat und zum anderen viele Lacke glänzend bzw. spiegelnd sind, ist hier eine diffuse- oder eine Dunkelfeld-Beleuchtung sinnvoll.

Um feinste Riefen sichtbar zu machen, ist die Dunkelfeld-Beleuchtung optimal. Erhöhungen und Vertiefungen werden durch Schatten hervorgehoben und sind gut erkennbar.

Um eine optimale Anordnung der Lichtquellen zu finden, wurden einige Beleuchtungsvarianten getestet.

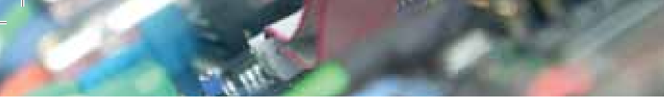




Abb. 2: Versuchsaufbau im Labor

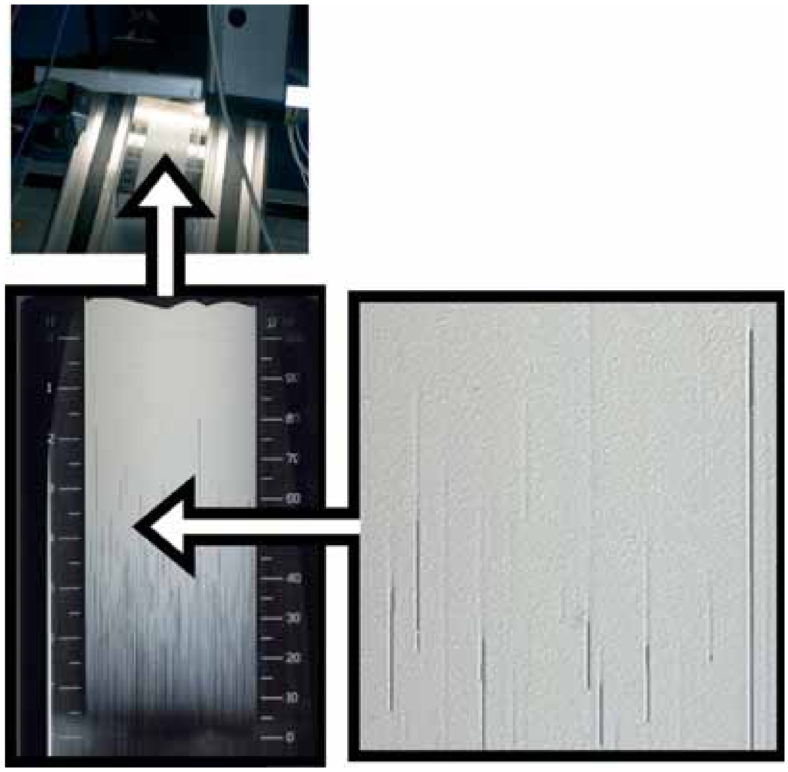
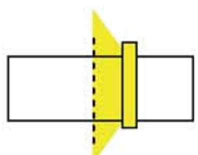


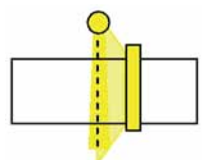
Abb. 3: Riefen und Erhebungen

Beleuchtungs-Anordnung 1:



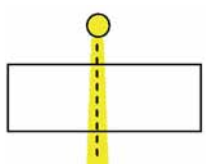
Das Grindometer wird von der Kopfseite flach mit einer Linienleuchte ausgeleuchtet und längs abgescannt. Man erhält ein scharfes, gut ausgeleuchtetes Bild. Erhebungen sind gut zu erkennen. Jedoch sind Riefen, deren Tiefe nicht ganz bis zum Grindometer durchreichen, nur sehr schwach bis gar nicht zu erkennen.

Beleuchtungs-Anordnung 2:



Das Grindometer wird von der Kopfseite flach mit einer Linienleuchte ausgeleuchtet. Zusätzlich gibt es seitlich flach eine punktuelle Beleuchtung. Abgescannt wird in Längsrichtung des Grindometers. Man erhält ein scharfes und gut, jedoch nicht ganz gleichmäßiges, ausgeleuchtetes Bild. Riefen und Erhebungen sind sehr gut zu erkennen.

Beleuchtungs-Anordnung 3:



Das Grindometer wird seitlich und flach mit einer punktuellen Leuchte beleuchtet und längs abgescannt. Man erhält ein scharfes, aber schlecht ausgeleuchtetes Bild. Riefen und Erhebungen sind jedoch gut zu erkennen.

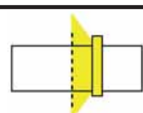
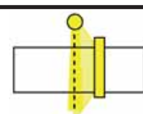
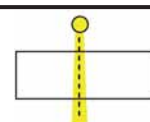
Kriterium	Gewichtung						
	in %	Bewertung	Bew*Gew	Bewertung	Bew*Gew	Bewertung	Bew*Gew
Stippen	30%	5	1,5	10	3	10	3
Riefen	40%	0	0	10	4	10	4
Ausleuchtung	30%	10	3	5	1,5	0	0
Summe	100%		4,5		8,5		7

Tabelle 2: Bewertung der Beleuchtungsanordnungen. Zur Bewertung: 0 = schlecht, 5 = Mittel, 10 = gut

Fazit

Mit der Beleuchtungs-Anordnung 2 wird das beste Ergebnis erzielt. Aufgrund der flachen Lichteinstrahlung werden Schatten an Erhöhungen und Vertiefungen auf der Lackoberfläche abgebildet und sind somit gut sichtbar (siehe Abb. 3).

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte ein Aufnahmeverfahren zur Bestimmung des Dispergiergrads entwickelt werden. Die Lösung besteht in einer Aufnahme mit einer speziellen Triple Line Zeilenkamera und einer Dunkelfeld-Beleuchtung. Diese wird durch einen seitlichen LED-Spot, der in flachem Winkel auf die Grindometeroberfläche strahlt, und eine frontale LED-Zeile mit Tageslichtspektrum realisiert. Anhand dieses AufnahmeVerfahrens lässt sich eine Aussage über den Dispergiergrad der Lacke und Farben machen. Als Endprodukt soll ein Gerät entstehen, das die Arbeitsgänge Rakeln (also Aufbringen des Lackes), Scannen und Speichern der Aufnahme vollautomatisch ausführt. Mit der Umsetzung in der Produktion ist noch im Jahr 2009 zu rechnen. In einem letzten Schritt sind moderne Methoden der Bildverarbeitung einzusetzen.

Hartmut Bärwolff

Abstract

Bisher bestimmte man die Qualität eines Lackes bezüglich des Dispergiergrads, also der (möglichst gleichmäßigen) Verteilung der Farbpigmente, über eine subjektive Betrachtung eines sogenannten Grindometerabstriches nach DIN EN ISO 1524. Die Farbe wird dabei von Hand über einen Edelstahlblock (Grindometer) gestrichen und durch einen Betrachter beurteilt. Um die Qualität eines Lackes objektiv und reproduzierbar bewerten zu können, ist ein automatisiertes Verfahren zur Aufnahme und Speicherung der Grindometeroberfläche notwendig. Diese Aufnahme kann den Farben und Lacken als aussagekräftiges Qualitätszertifikat beigefügt werden.

Projektleitung

Professor Dr. Hartmut Bärwolff
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Elektronik & Information Engineering
baerwolff@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Andreas Wagen
wagen@gm.fh-koeln.de
Andreas Dick, Paul Dick, Jonas Kremer

Entwicklung eines Verfahrens zur automatisierten Lagerbestandserfassung mit RFID und Sensortechnologie

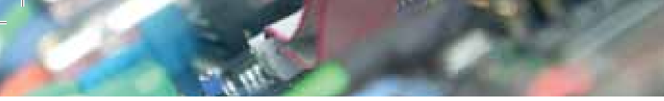
Im Auftrag der Firma Otto Kind AG wurde durch das Institut für Electronik & Information Engineering ein Verfahren entwickelt, das eine automatisierte Bestandsaktualisierung der in einem Schubladenschrank (siehe Abb. 1) eingelagerten Artikel ermöglicht. Nach umfangreichen Recherchen wurden im Rahmen verschiedener praktischer Versuchsaufbauten, sowie durch die Nutzung von Simulationswerkzeugen zwei unterschiedliche Verfahren entwickelt.

Beschreibung einzelner Projektphasen

Das Projekt baut auf Entwicklungen auf, die ebenfalls in Kooperation mit der Firma Otto Kind AG entstanden sind. Zunächst wurde im Rahmen einer Teamprojektarbeit ein „Pick-To-Light"-System entwickelt, das den Anwender durch Leuchtdiodensignale automatisch zum gesuchten Artikel führt. Die Lichtsignale zeigen den Weg, die Schublade und schließlich das richtige Fach, in dem sich der Artikel befindet. In einer sich daran anschließenden Diplomarbeit wurde ein Zugriffsschutz entwickelt, so dass sich ausschließlich nur das Fach in einer Schublade öffnen lässt, indem sich der gesuchte Artikel befindet.

Entwicklung einer Wägetechnik

In diesem weiterführenden Projekt sollte die Stückzahl ermittelt werden können, die aus einem Fach entnommen wurde. Es wurden Möglichkeiten einer optischen Erkennung durch ein Kamerasystem mit anschließender Bildverarbeitung untersucht, doch angesichts der geringen Flexibilität und ständig wechselnder Umfeldbedingungen wurden diese verworfen. Die Entscheidung wurde zugunsten der Wägetechnik gefällt. Das Lagerverwaltungssystem (LVS) besitzt genaue Kenntnis über das spezifische Gewicht jedes eingelagerten Gegenstands. Da durch den Zugriffsschutz sichergestellt ist, dass der Bediener ausschließlich einen definierten Artikel entnehmen kann, erkennt der Lagerverwaltungsrechner (LVR) anhand der Gewichtsdifferenz, ob die korrekte Anzahl entnommen oder auch in umgekehrter Richtung



hineingelegt wurde. Das entwickelte System erfüllt die Forderung nach einer flachen Bauform, um möglichst wenig Lagerkapazität innerhalb der Schublade zu verlieren, was mit Hilfe von 4 sehr flachen Wägezellen, auf ein Minimum reduziert wurde. Die DMS-Wägezellen liefern eine zur Gewichtsänderung proportionale Spannungsänderung, worüber die Artikelanzahl ermittelt wird. Das System ist wartungsarm und bei einem großen Wägebereich von wenigen Gramm bis zu 200 kg ebenso empfindlich hinsichtlich der Gewichtsauflösung, wie robust gegen äußere Einflüsse von Staub, Öl, Feuchtigkeit, sowie mechanischer Beanspruchung im täglichen Arbeitsbetrieb. Abb. 2 zeigt die auf einem Trägerrahmen montierten Wägezellen, auf Abb. 3 ist die eingelegte Lastplatte zu sehen.



Abb. 1: Schubladenschränke der Fa. Otto Kind AG

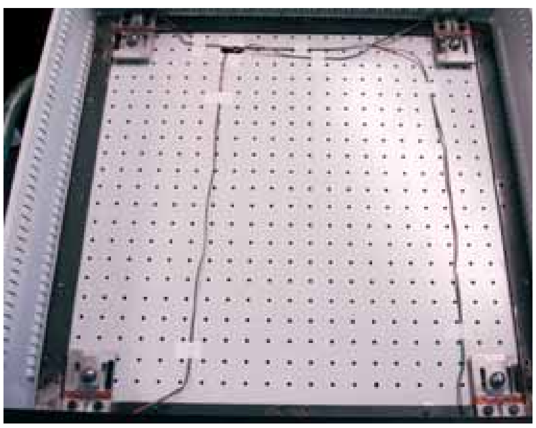


Abb. 2: Wägezellen



Abb. 3: Lastplatte in Schublade

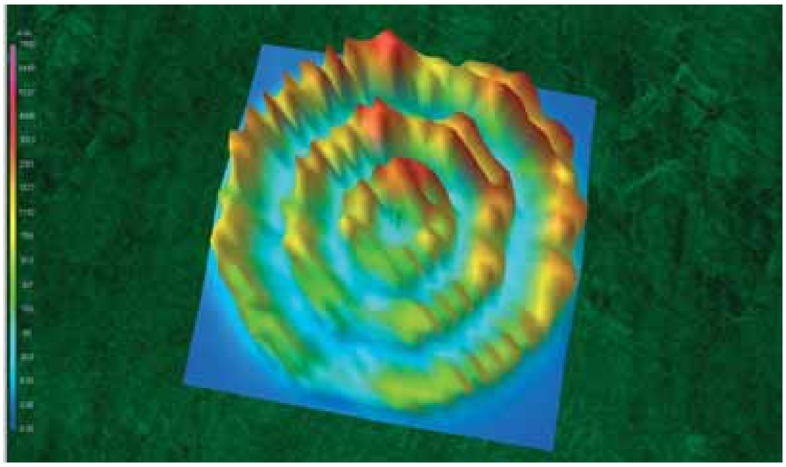


Abb. 4: Berechnete Feldstärkeverteilung der Antenne

Implementierung eines RFID-Systems

Die RFID-Technik bietet als Querschnittstechnologie in diesem Anwendungsfall ein sehr breites Spektrum an Möglichkeiten, die viele Funktionalitäten bereitstellt. Jeder Artikel ist mit einem Transponder ausgestattet, der eine einmalige ID-Nummer enthält, und von einem Lesegerät (Reader) kontaktlos gelesen werden kann. Da die Schubladenschränke, wie in Abb. 1 zu sehen ist, fast vollständig aus Metall gefertigt sind, musste zunächst geklärt werden, ob ein Einsatz von RFID überhaupt technisch möglich war und wenn ja, welches System sich am besten eignete. Das von der Antenne des Lesegerätes abgestrahlte elektromagnetische Feld kann sich aufgrund der metallenen Bodenplatte und Seitenwände nicht ungehindert im freien Raum ausbreiten, sondern erzeugt im Metall Wirbelströme. Diese wirken dem elektromagnetischen Feld, entgegen. Diese Tatsache stellte ein großes Problem hinsichtlich der Erzeugung einer hinreichend großen Feldstärke im Inneren einer Schublade dar, um die nötige Ansprechfeldstärke des Transponders zu erreichen.

Einsatz einer Simulationssoftware

Verschiedene Antennenanordnungen und Antennensymmetrien wurden im Vorfeld mit Hilfe des Simulationstools 4NEC2 entworfen und ausgewertet, bevor sie real aufgebaut und ausgemessen wurden. Bei dem Programm handelt es sich um einen Computer-Code, mit dessen Hilfe die elektromagnetischen Eigenschaften von Antennen und anderen metallischen Strukturen analysiert und grafisch aufbereitet dargestellt werden können. NEC2 basiert auf der numerischen Lösung der Integralgleichungen für induzierte Ströme, die in einer Antennenstruktur durch Quellen oder Nebenfelder verursacht werden. Abb. 4 zeigt eine solche dreidimensionale Darstellung der Feldstärkeverteilung des magnetischen Nahfeldes am Beispiel dreier ringförmig angeordneter Antennen. Die ausgeprägte Talbildung zwischen den Ringantennen ist auf die starke Dämpfung des Magnetfeldes durch den Metallboden zurückzuführen. Dieses Problem wurde durch eine geschickte Kombination von mehreren Antennen gelöst, so das Transponder in der Größe einer 2 Euro-Münze orts- und lageunabhängig in der Schublade gelesen und beschrieben werden können.

Bei dem eingesetzten RFID-System handelt es sich um einen Long-Range-Reader (siehe Abb. 5) der Firma Scemtec Transponder Technology GmbH, der nach dem Prinzip induktiver Kopplung auf der ISM-Frequenz 13,56 MHz arbeitet. Die Anbin-



Abb. 5: SHL-2100 Reader der Fa. scemtec

dung an das LVS kann wahlweise über die Schnittstellen RS232, USB, Ethernet oder Wireless LAN erfolgen

Fazit

Die entwickelten Systeme bieten eine komfortable Lösung, den steigenden Anforderungen in der Lagerhaltung, durch einen hohen Technisierungsgrad gerecht zu werden, und die Bedürfnisse nach mehr Automatisierungs- und Sicherheitsstandards zu befriedigen. Die Wägetechnik stellt auf der Basis solider und ausgereifter Sensortechnologie in Kombination mit Zugriffsschutz- und „Pick-To-Light"-System ein in sich stimmiges Gesamtsystem für die Lagerhaltung dar.

Die entwickelte RFID-Anwendung ist sicherlich aufgrund ihres hohen Spezialisierungsgrades nicht überall implementier- und anwendbar, da ein solches System immer individuell auf wechselnde Umgebungen und Einsatzbereiche abgestimmt werden muss. Es stellt jedoch für spezielle Anwendungsfälle mit hohem Bedarf an Sicherheit und Informationsdichte, ein sehr effektives Werkzeug mit umfangreichen Zusatzfunktionen dar. Ein Prototyp der „intelligenten Schublade" ist damit verfügbar, bei der Entwicklung wurde Neuland beschritten. Das System muß jetzt noch serientauglich gemacht werden.

Hartmut Bärwolff

Abstract

Der Prozess der Logistik befindet sich in einem ständigen Wandel. Im Zeitalter von elektronischem Handel und dem dadurch immer schneller werdenden Materialfluss werden die Anforderungen an eine präzise und korrekte Lagerhaltung immer größer. Die Zahl der Lagerkapazitäten nimmt zwar im Allgemeinen durch sogenannte „Just-In-Time-Produktion" ab, aber die Lagerhaltung wird es in bestimmten Bereichen immer geben und die Anforderungen daran werden immer größer.

So gewinnt in der vollautomatisierten Lagerhaltung mehr und mehr auch der Aspekt der Sicherheit an Relevanz, wie beispielsweise bei der Wartung und Ersatzteilbeschaffung in der Luftfahrtindustrie. Hier ist der Materialfluss durch eine lückenlose Verfolgung der Artikel von Beginn deren Herstellungsprozesses bis zur Entsorgung von größter Bedeutung, um der Verwendung von falschen oder gefälschten Bauteilen vorzubeugen. Ebenso werden hochwertige und teure Produktionsmittel, wie beispielsweise Bohrer, Fräser oder andere Werkzeuge oft in verschiedensten Bauformen und großen Stückzahlen vorgehalten. Diese Objekte sollen nicht mehr allgemein zugänglich und vor Diebstahl geschützt sein. Des Weiteren soll der Bestellvorgang automatisiert eingeleitet werden, wenn ein bestimmter Soll-Bestand unterschritten wird.

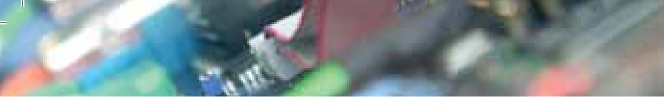
Projektleitung

Professor Dr. Hartmut Bärwolff
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Elektronik & Information Engineering
baerwolff@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Andreas Wagen
wagen@gm.fh-koeln.de

Volker Klühspies



XML-Technologien im Projekt NAPROCHE

Das Projekt NAPROCHE steht für Natural Language Proof Checking. Es wurde an der Universität Bonn ins Leben gerufen[1] und untersucht Konzepte und Methoden der maschinellen Prüfung von mathematischen Beweisen, die in einer natürlichen Sprache wie etwa Deutsch oder Englisch abgefasst sind und maschinenlesbar vorliegen. Das NAPROCHE-Projekt ist ein interdisziplinäres Vorhaben von Mathematikern, Linguisten und Informatikern.

Was heißt „natürliche Sprache" in einem mathematischen Beweis?

Ein Leser, der sich nicht mit natürlichen Sprachen beschäftigt, mag sich vielleicht wundern, wenn in Bezug auf mathematische Beweise, die im Alltagsverstand ausschließlich mit einer Fülle von Formeln assoziiert werden, von natürlicher Sprache gesprochen wird. Doch, wie man an einem Beispiel sieht, kommt natürliche Sprache in einem Beweis vor und hat einige zentrale Aufgaben, wie den Fluss der mathematischen Argumente für potentielle Leser zu strukturieren, logische Figuren hervorzuheben und bestimmte Formelanteile zu erläutern.

Das nachfolgende Beispiel ist der Beweis eines Satzes[2] aus der elementaren Differential- und Integralrechnung, dass sich zwei Stammfunktionen[3] einer gegebenen reellen Funktion nur um eine Konstante c unterscheiden:

Satz 2
Voraussetzung: $F : I \rightarrow \mathfrak{R}$ ist eine Stammfunktion von $f : I \rightarrow \mathfrak{R}$.
Behauptung: $G: I \rightarrow \mathfrak{R}$ ist genau dann eine Stammfunktion von $f : I \rightarrow \mathfrak{R}$, wenn F – G eine Konstante ist.
Beweis[4]: „a) [⇦] Sei F – G = c mit einer Konstanten $c \in \mathfrak{R}$. Dann ist G' = (F – c)' = F' = f. [D.h. G ist damit Stammfunktion von f.]
b) [⇨] Sei G Stammfunktion von f , also G' = f = F' . Dann gilt (F – G)' = 0 , daher ist F – G konstant. (§16, Corollar3 [zum Satz von Rolle])."

Betrachtet man die sprachlichen Elemente dieses Satzes und seines Beweises, dann lassen sich diese in drei Bereiche einteilen:

A) **Allgemeinsprachliche Wörter** der deutschen oder einer anderen natürlichen Sprache: also, dann, daher, genau, gilt, ist, sei, wenn
B) **Mathematische Begriffe**, die als fachsprachlich bestimmte Wörter einer natürlichen Sprache wie etwa der deutschen Sprache vorliegen und umkehrbar eindeutig in einen entsprechenden Terminus einer anderen natürlichen Sprache wie etwa Englisch übersetzt werden können: beispielsweise: „Menge" / „set" , „Stammfunktion" / „antiderivative".
C) Mathematische **Symbole, Ausdrücke** und **Formeln**
- G' als Symbol der 1. Ableitungsfunktion der Funktion G;
- $F : I \rightarrow \mathfrak{R}$ als Ausdruck zur Darstellung einer Funktion F mit Definitionsbereich I und Wertebereich $\mathfrak{R}$;
- Die Formel G' = (F – c)' = F' , mit der die Gleichheit der 1. Ableitungen von G und F festgestellt wird.

Der Bereich A) repräsentiert im engeren Sinne, die Bereiche A) und B) zusammengenommen im weiteren Sinne den natürlich sprachlichen Anteil des Beweises. In dem obigen Beispiel können folgende Leistungsmerkmale der natürlichen Sprache in der Formulierung des Satzes und seines Beweises beobachtet werden:

(1) **Erläuterung von Formeldaten**: Mit dem Wort „sei" wird typischerweise die Setzung eines Symbols eingeleitet. Mit der Setzung „Sei F – G = c" wird eine reelle Konstante c als Differenz von F und G deklariert. Die Rechtfertigung für diese Setzung folgt aus der Beweisrichtungsvoraussetzung, die besagt, das F – G konstant ist.
(2) **Strukturierung der Argumentationsfolge**: Mit Formulierungen, wie „dann gilt", „dann ist" oder „man sieht" können mehrere Einzelargumente pauschal zusammengefasst werden und als ein Schluss dargestellt werden. Beispielsweise werden im Beweis von Satz 2 mit der Formulierung „Dann gilt (F – G)' = 0" mehrere Beweisschritte zusammengefasst:
   (i) Aus G' = f = F' folgt: F' – G' = 0
   (ii) Aus der Summenregel für die 1. Ableitung folgt: F' – G' = (F – G)'
   (iii) Aus (i) und (ii) folgt: (F – G)' =0
(3) **Hervorhebung logischer Figuren**: Die Verknüpfung „genau dann A, wenn B" beschreibt eine Äquivalenz der Aussagen A und B, die auch durch die Formel A ⇔ B ausgedrückt werden kann. In der Behauptung des Satzes 2 tritt diese Form der Verknüpfung auf. Die Notwendigkeit des Nachweises der Äquivalenz hat zur Folge, dass der obige Beweis zwei Teile hat: Der Teil a) zum Nachweis der Gültigkeit A ⇦ B und der Teil b) zum Nachweis der Gültigkeit A ⇨ B.

---

[1] Das Projekt NAPROCHE wurde von Prof. Dr. Peter Koepke (Lehrstuhl für Mathematische Logik, Universität Bonn) und Prof. Dr. Bernhard Schröder (Lehrstuhl für Germanistik/Linguistik, Universität Duisburg-Essen) ins Leben gerufen. Der Verfasser des Beitrags arbeitet seit SS2007 im Projekt NAPROCHE mit. Die Homepage des Projekts hat die URL: http://www.math.uni-bonn.de/people/naproche/

[2] Dieser Satz wird in diesem Beitrag aus Abkürzungsgründen durchgängig als „Satz 2" zitiert.

[3] Mit I wird ein Intervall in der Menge der reellen Zahlen $\mathfrak{R}$ bezeichnet. Es gilt $I \subseteq \mathfrak{R}$. Eine diffenenzierbare Funktion $F : I \rightarrow \mathfrak{R}$ heisst Stammfunktion einer Funktion $f : I \rightarrow \mathfrak{R}$, wenn für alle $x \in I$ gilt: F'(x) = f(x) (hierbei ist F'(x) die erste Ableitung von F(x) an der Stelle x). Beispiel: Die Funktion F(x) = x3 ist Stammfunktion der Funktion f(x) = 3*x2

[4] Der Beweis ist aus dem Lehrbuch von O. Forster: „Analysis I – Differential- und Integralrechnung einer Veränderlichen" Braunschweig/Wiesbaden (Vieweg) 1992, S.140 entnommen. Textänderungen am Beweis von G. Büchel sind in [...] gesetzt.

[5] Diese Art des Aufschreibens von Beweisen ist ökonomisch, bedeutet aber für den (maschinellen) Nachvollzug, dass eventuell Beweisschritte ergänzt werden müssen.

Der Umfang des natürlich sprachlichen Wortschatzes in mathematischen Lehrbüchern ist in der Regel klein. Das Lehrbuch „Grundlagen der Analysis"[6] von Edmund Landau benötigt zur Formulierung von 301 mathematischen Sätzen mit zugehörigen Beweisen ein deutschsprachiges Vokabular mit ca. 580 Einträgen[7].

Eine Aufgabe des NAPROCHE-Projekts besteht in der computerlinguistischen Untersuchung des natürlich-sprachlichen Wortschatzes mathematischer Beweise mit dem Ziel der maschinellen Klassifikation der erläuternden, der strukturierenden oder der logischen Funktion kurzer Wortfolgen in mathematischen Beweisen.

Maschinelle Prüfung mathematischer Beweise

Mathematische Beweise bedürfen der Schriftform, damit die Behauptungen neuer Sätze korrekt aus Axiomen oder aus bereits bewiesenen Sätzen deduziert werden können[8]. Diese Deduktion ist eine Kette logischer Schlüsse, die die Evidenz der vorgelegten Behauptung herstellt. In Hinblick auf Beweise der Algebra beschreibt Kant dieses Verfahren als „charakteristische Konstruktion": Hierbei werden „alle Schlüsse vor Fehlern dadurch"gesichert",„dass jeder derselben vor Augen gestellt wird"[9].

Wird der Text eines mathematischen Beweises durch einen Rechner erfasst, können zunächst die Vorteile genutzt werden, die für beliebige Texte, die mit Textverarbeitungsprogrammen erfasst werden, gelten wie etwa Reproduzierbarkeit, Erweiterbarkeit, umfangreiche Alphabete von Sonderzeichen. Für Mathematiker stellt sich darüber hinausgehend die Frage nach einem Mehrwert: Unter welchen Bedingungen kann der Rechner als Beweisprüfer[10] eingesetzt werden?

Dass der Rechner als Beweisprüfer eingesetzt werden kann, belegen Proof Checking Programme, die teilweise auch im „World Wide Web" (WWW) verfügbar sind, wie etwa MIZAR[11]. Bei der Nutzung solcher Programme werden jedoch direkt zwei Probleme sichtbar, die den mit der obigen Frage vermuteten Mehrwert schmälern:

(1) MIZAR, wie andere Proof Checker auch, verlangt, dass der Beweis in einer eigenen formalen Sprache, deren Grammatik bei MIZAR durch Produktionsregeln spezifiziert ist[12], erfasst wird. Faktisch bedeutet das, dass ein mathematischer Beweis, der mit einem beliebigen Texteditor E erfasst worden ist, unter MIZAR ein zweites Mal editiert werden muss.

(2) Ein gemäß (1) in MIZAR erfasster Beweis benötigt Umgebungsinformationen (Enviroment), die auf Bibliotheken bereits in MIZAR bewiesener Sätze referenzieren. Das beduetet, ein menschlicher Erfasser muss umfassend die korrekten Enviroment-Schlüsselwörter kennen, die zu seinem Beweis nötig sind.

NAPROCHE versucht das Problem der Mehrfacherfassung aufzuheben, indem der Vorgang der maschinellen Beweisprüfung direkt mit dem Editierwerkzeug für mathematische Beweise verbunden wird. Bei Mathematikern ist das Verfassen von mathematischen Texten in einer TeX-Sprache (TeX, LaTeX, TeXmacs, …) verbreitet. Mittels eines TeX-Editors kann ein mathematischer Beweis Plattform unabhängig als ASCII- oder UNICODE-Textdatei abgelegt werden. TeX-Sprachen verwalten mathematische Ausdrücke in Form von Klammerausdrücken. Solche Textdateien können sowohl mit einfachen Texteditoren als auch mit graphischen WYSIWYG-Editoren verarbeitet werden. Ein solcher Editor ist der an EMACS angelegte TeXmacs-Editor, der im Projekt NAPROCHE als Referenzwerkzeug genutzt wird.

Neben den TeX-Sprachen wird MathML[13] als Plattform unabhängiges Austauschformat für mathematische Texte eingesetzt. MathML beruht auf XML und stellt eine formale Semantik für mathematische Symbole, Formeln und Ausdrücke bereit. Zur Semantik von Beweisen wurde im NAPROCHE Projekt eine auf XML beruhende Annotaionssprache entwickelt (ProofML[14]), die momentan zu einer auf der Diskursrepräsentationstheorie beruhenden PRS (proof representation structure) weiterentwickelt wird. Um einen maschinenlesbaren Beweis mit einem Proof Checker verarbeiten zu können, ist eine Anreicherung des Beweises mit Annotationen zur Semantik der natürlich sprachlichen Beweisanteile als auch der mathematischen Formelanteile nötig. Als Vorstufe für diese semantische Bearbeitung wurde in NAPROCHE ein XML-Format definiert, das folgende Bedingungen erfüllen soll: (a) Es soll an die Gliederung von Standardtypen mathematischer Beweise wie etwa direkter Beweis, Widerspruchsbeweis oder vollständige Induktion angepasst sein. (b) Es soll bezüglich mathematischer Formelanteile mit MathML übereinstimmen. (c) Es soll hinsichtlich PRS weiterverarbeitbar sein. Die Grammatik

[6] Edmund Landau:„Grundlagen der Analysis", New York (Chelsea) 1965. Das Buch enthält ein nahezu vollständiges Deutsch-Englisches Vokabular, das anglophonen Studierenden ohne Deutschkenntnisse das leichte Erlernen der deutschen Sprache in mathematischen Texten ermöglichen soll.

[7] Eine Beschreibung des Aufbaus der Einträge dieses Vokabulars findet man in: G. Büchel:„A Survey of Software Engineering with an Aspect on Database Design" (Vortrag im Seminar „Formale Mathematik" am Mathematischen Institut der Universität Bonn am 11.07.2008), Folie 27, http://www.nt.fh-koeln.de/fachgebiete/inf/buechel/VortragForMath1.pdf

[8] Prototypisch für dieses der Mathematik eigene Verfahren der Begründung von Erkenntnis sind die Bücher Euklids, in denen z.B. Sätze der ebenen Dreiecksgeometrie durch Beweise in Schriftform auf Axiome zurückgeführt werden (Euklid:„Die Elemente". Nach Heibergs Text aus dem Griechischen übersetzt von Clemens Thaer, Reprint nach der 1. Auflage von 1933, Leipzig (Akademische Verlagsgesellschaft) 1984).

[9] Immanuel Kant:„Kritik der reinen Vernunft" (Hrsg. von Ingeborg Heidemann), Stuttgart (Reclam) 1966, B762.

[10] Zu unterscheiden ist das maschinelle Prüfen von Beweisen vom automatischen Beweisen als Forschungsgegenstand der Künstlichen Intelligenz, bei dem es u. a. um die automatische Generierung von Beweisschritten (Resolutionen) geht (vgl. das Kapitel „Automatisches Beweisen" in: G. Görz, C.-R. Rollinger, J. Schneeberger (Hrsg.): „Handbuch der Künstlichen Intelligenz", 4.Aufl., München, Wien (Oldenbourg) 2003, S.199-237). Im Aspekt, der hier behandelt wird, wird von Beweisen ausgegangen, die in ihren Beweisschritten bereits vollständig vorliegen, so dass keine Beweisschritte mehr automatisch generiert werden müssen.

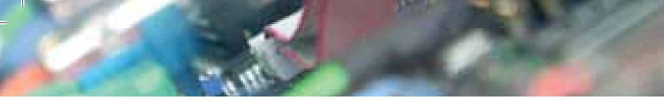
[11] http://www.mizar.org/

[12] http://www.mizar.org/language/syntax.xml

[13] Mathematical Markup Language (MathML) Version 2.0 (Second Edition), W3C Recommendation 21 October 2003: http://www.w3.org/TR/MathML2/

[14] Bernhard Schröder, Peter Koepke:„ProofML – eine Annotationssprache für natürliche Beweise". In: LDV-Forum, Nr.1,2 2003, ISSN 0175-1336, S.428-441.

[15] Die Satz.DTD ist eine erweiterbare XML DTD, die im Top-Down Design entworfen wurde. Die Hauptelemente der Satz.DTD werden nachfolgend erläutert.



dieses XML-Formats kann mittels einer Dokumenttyp Definition (DTD) beschrieben werden (Satz.DTD[15]).

Transformation eines maschinenlesbaren mathematischen Beweises in ein XML Format für natürlich sprachliche Beweise

Als Modul, das aus einem maschinenlesbaren mathematischen Beweis einen XML Code erzeugt, der mit obiger DTD konform geht und als Vorstufe für eine folgende semantische Bearbeitung dienen soll, wurde ein Code-Transformator[16] (TCM2XML) spezifiziert. Hierbei wird von einem maschinenlesbaren Beweis in einem TeX Format ausgegangen. In Bezug auf das Referenzwerkzeug von NAPROCHE wurde als Eingangsformat der TeXmacs Scheme Code ausgewählt (TCM2XML := TeXmacs Scheme Code to XML). Eine erste Version des Code-Transformators wurde bereits implementiert[17]. Eine Systemübersicht von TCM2XML wird mit nachfolgender Abb. (Abb. 1) gegeben:

- Der natürlich sprachliche Beweis eines mathematischen Satzes (hier ist es der obige „Satz 2") wird mit dem TeXmacs Editor erfasst.
- Der TeXmacs Editor speichert den Beweis als Baumstruktur (Baum von geklammerten Objekten) in einer TeXmacs Scheme Datei (SATZ2.SCM) ab.
- TCM2XML: Die Baumstruktur wird hierarchietreu auf eine lineare Liste abgebildet. Die Listenknoten entsprechen geklammerten Objekten. Die geklammerten Objekte werden mittels Identifikation von SCM Schlüsselwörtern und unter Vorlage der Elemente aus der Satz.DTD in XML Objekte transformiert. Aus der Liste dieser XML Objekte wird die XML Ergebnisdatei erzeugt (SATZ2.XML). Mit einem Java SAX[18] Parser wird die Wohlgeformtheit und Validität der XML Ergebnisdatei geprüft.

Im folgendem werden zur Anschauung Auszüge aus den beteiligten Texten oder Dateien gegeben: Es handelt sich jeweils immer um den Beweisschritt a) von Satz 2 („Stammfunktionen unterscheiden sich nur um eine Konstante"):

1.) Der ursprüngliche mathematische Text:
„a) Sei $F - G = c$ mit einer Konstanten $c \in \mathfrak{R}$. Dann ist $G' = (F - c)' = F' = f$."
2.) Dieser Text als Auszug aus der TeXmacs Scheme Datei SATZ2.SCM, in dem die typische Klammerungsstruktur sichtbar wird::
(concat„(a) Sei„ (with„mode"„math"„F - G = c")„ mit der Konstanten„
(with„mode"„math"„c <epsilon> <bbb-R>")„.
Dann ist" (with"mode""math"
(concat „G" (rprime„'")„ = (F - c)" (rprime„'")„ = F"
(rprime"'") " = f")) "."）

[16] Dieser Transformator ist der momentan relevante „Kölner" Beitrag im NAPROCHE Projekt.

[17] Sebastian Zittermann: „Entwicklung eines TeXmacs-to-XML-Parsers", Bachelorarbeit, FH Köln, Institut für Nachrichtentechnik, September 2008.

[18] SAX := Simple API for XML. SAX ist ein zustandsgeführter Parser für XML-Dokumente.

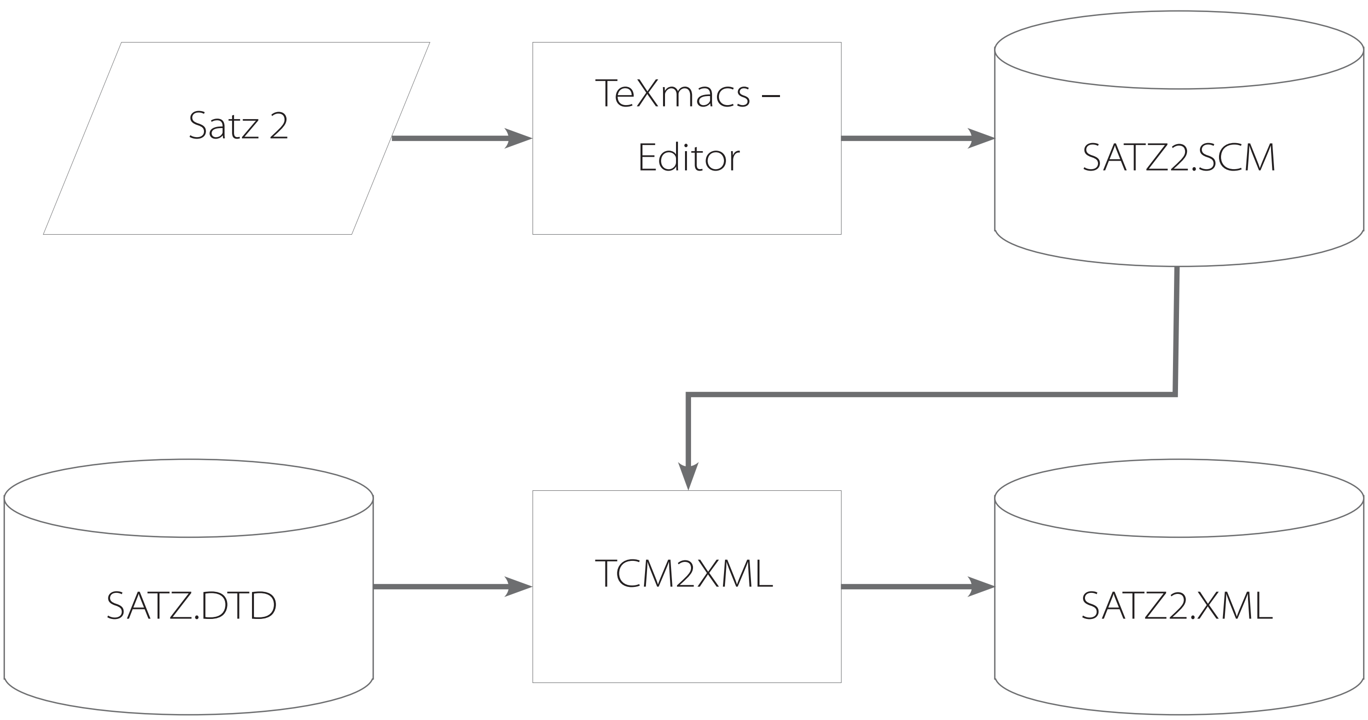


Abb. 1: Systemübersichtsdiagramm: TCM2XML

3.) Dieser Text als XML Datei, die als Transformationsergebnis des Moduls TCM2XML erzeugt wird (Auszug aus SATZ2.XML, Auslassungen innerhalb des XML Elements <DirBew> sind durch„ … " gekennzeichnet):

```
<Beweis>
 <BewModus>DirBew</BewModus>
  <BewArgFolge>
   <DirBew>
   ...
   <Arg ID=„1">
              <Statementfolge>

 <TEXT>(a) Sei</TEXT>
    <MATHmodus><TEXT>F - G = c</TEXT></MATHmodus>

 <Statementtyp>0;gl</Statementtyp>
    <TEXT>mit der Konstanten</TEXT>
    <MATHmodus><TEXT>c <epsilon/> <bbb-R/></TEXT></MATHmodus>
    <TEXT>.</TEXT>
              </Statementfolge>
   </Arg>
   <Arg ID=„2">
              <Statementfolge>

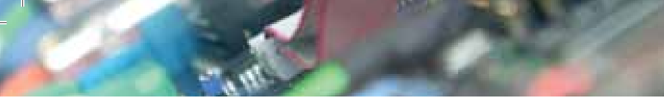
 <TEXT> Dann ist</TEXT>
    <MATHmodus><TEXT>G</TEXT><Ableitung>1</Ableitung><TEXT>
         = (F - c)</TEXT><Ableitung>1</Ableitung><TEXT>=
              F</TEXT><Ableitung>1</Ableitung><TEXT>=
              f</TEXT>
    </MATHmodus>
    <Statementtyp>0;gl,gl,gl</Statementtyp>
    <TEXT>.</TEXT>
              </Statementfolge>
   </Arg>
   ...
  </DirBew>
 </BewArgFolge>
</Beweis>
```

Zur Verdeutlichung des XML Codes werden nachfolgend Hauptelemente seiner Grammatik erläutert: Das XML Wurzelelement ist <Satz>. Ein <Satz> kann mehrere <Voraussetzungen> beinhalten. Er hat eine Behauptung (<Beh>) und einen Beweis (<Bew>). Der Beweis folgt in seinem Aufbau einem Beweismodus (<BewModus>). Der Modus des Beweises von Satz 2 ist direkt (<DirBew>). Jeder Beweis besteht aus einer Folge von Argumenten (<Arg>). Ein Argument besteht aus mindestens einer <Statementfolge>. Eine Statementfolge kann aus mathematischen Symbolen (<MATH>), mathematischen Formeln (<MATHmodus>) und aus natürlich sprachlichem Text oder Formelbuchstaben (<TEXT>) bestehen. Innerhalb des XML Elements <MATHmodus> können an MathML orientierte Elemente auftreten, beispielsweise <bbb-R/> für das Symbol der Menge der reellen Zahlen. Enthält eine mathematische Formel eine Gleichung oder Ungleichung, wird dieses im Element <Statementtyp> notiert.

Gregor Büchel

Abstract
Das Projekt NAPROCHE steht für „Natural Language Proof Checking" und untersucht Konzepte und Methoden der maschinellen Prüfung von mathematischen Beweisen, die in einer natürlichen Sprache wie etwa Deutsch oder Englisch abgefasst sind und maschinenlesbar vorliegen. Eine Aufgabe des Projekts besteht in der computerlinguistischen Untersuchung des natürlich-sprachlichen Wortschatzes mathematischer Beweise. Das Ziel: die maschinelle Klassifikation der erläuternden, der strukturierenden oder der logischen Funktion kurzer Wortfolgen in mathematischen Beweisen. Das Projekt ist ein interdisziplinäres Vorhaben von Mathematikern, Linguisten und Informatikern.

Projektleitung
Prof. Dr. Gregor Büchel
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Nachrichtentechnik
gregor.buechel@fh-koeln.de



Future Energy Challenge 2007

In den vergangenen Jahren ist die Anzahl mobiler elektronischer Geräte ständig gestiegen. Heute findet man in den meisten Haushalten mindestens ein Notebook, eine Digitalkamera, mehrere Handys und MP3-Player. Alle diese Geräte werden von Batterien, oft sind es Akkus, gespeist, die regelmäßig durch Netzgeräte aufgeladen werden müssen. Mit jedem mobilen Gerät wird ein eigenes Ladegerät geliefert, das meist nur für dieses eine Gerät genutzt werden kann. Darüber hinaus arbeiten viele Ladegeräte uneffizient und verursachen hohe Energieverluste im Stand-by-Modus. Letzteres ist besonders problematisch, da viele Benutzer ihr Ladegerät nach dem Gebrauch nicht von der Steckdose trennen. Aus Sicht der Verbraucher wäre es deshalb wünschenswert, nur ein Ladegerät zu nutzen, mit dem die Batterien aller portablen Geräte geladen werden können. Aus ökologischer Sicht sollte dieses Gerät besonders effizient arbeiten.

Entwicklung eines universellen Ladegerätes

Um für diese Problematik eine Lösung zu finden, hat der IEEE, das Institute of Electrical and Electronic Engineers, 2006 den internationalen studentischen Wettbewerb „Future Energy Challenge 2007" ausgeschrieben, der die Entwicklung eines hoch effizienten universellen Ladegeräts zur Aufgabe hatte. Dieses Ladegerät soll mit hohem Leistungsfaktor an allen Wechselspannungsnetzen von 90V bis 270 V und Frequenzen von 48Hz bis 400Hz arbeiten sowie potentialfrei Ladeströme bis 2A bereitstellen.

Eine besondere Herausforderung besteht bei der Entwicklung eines solchen Ladegerätes darin, dass verschiedene Batterietypen mit unterschiedlicher Zellenanzahl in beliebiger Polarität angeschlossen und optimal geladen werden sollen. Der Batterietyp (Pb, NiCa, NiMH, Li-Ionen) und die Zellenanzahl sollen dabei allein aus dem Klemmenverhalten erkannt werden.

Dies ist für den vorgesehenen Spannungsbereich bis 26V besonders schwierig, da die gegebenen Batterie- und Zellenkombinationen zum Teil gleiche Spannungsbereiche belegen (siehe Bild 1 unten).

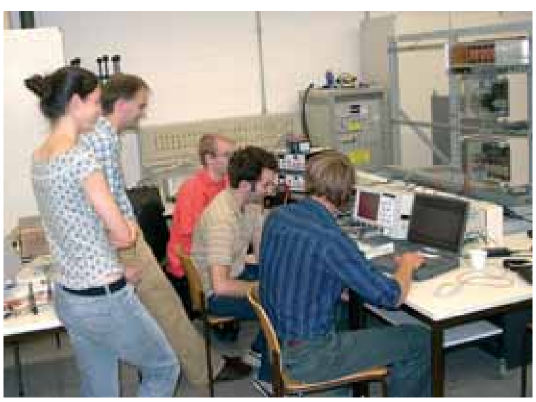


Bild 2: Projektbearbeitung im Labor

Kölner und Aachener Studenten nehmen am Wettbewerb teil

Mit einem gemeinsamen Studententeam starteten die Fachhochschule (FH) Köln und die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen im August 2006 in den Wettbewerb.

Die Gruppe in Köln kümmerte sich um die Netzanbindung, die Potentialtrennung und die Erzeugung aller Hilfsspannungen. In Aachen wurde die Ladeeinheit mit der Messeinrichtung aufgebaut. Dort wurden auch die Batterie-Erkennungsalgorithmen entwickelt und anschließend im Mikrokontroller implementiert.

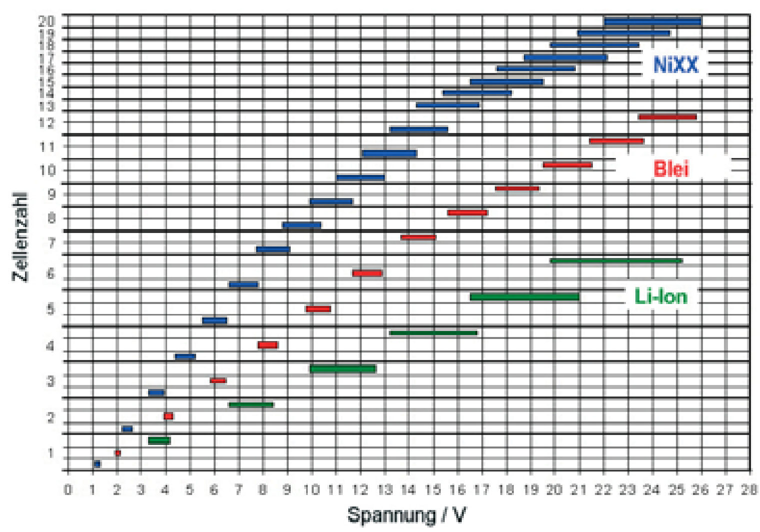


Bild 1: Spannungsbereich der Batterien, die erkannt werden müssen

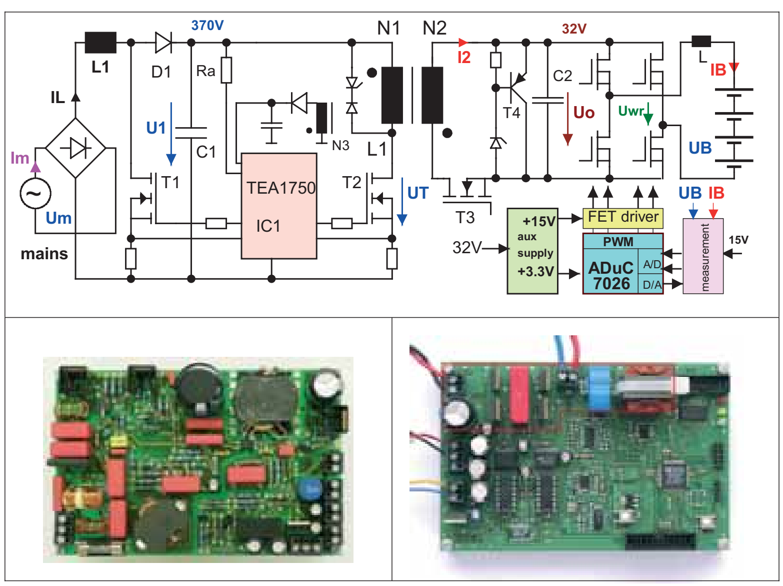


Bild 3: Schaltungstopologie und Realisierung auf zwei Platinen

In den ersten Monaten konnten nur geringe Fortschritte erzielt werden, da die Studierenden sich erst mit den verschiedenen Komponenten und Schaltungen sowie der Software vertraut machen mussten. So wurden erst kleinere Schaltungsteile handverdrahtet aufgebaut und mit einer professionellen Lade- und Entladeeinrichtung zahlreiche Messungen an den zu betrachtenden Batterien durchgeführt. Nicht alle Ansätze waren direkt erfolgreich: Bauelemente wurden durch Überlastung oder falsche Ansteuerung zerstört, die Regelung und Steuerungsfunktionen wurden durch fehlende Abschirmung sowie durch zu lange Verbindungsleitungen beeinträchtigt.
Erst nach mehreren Umbauten konnten in der Endphase die Schaltungsteile in zwei Platinen realisiert werden. Die zugehörigen Layouts wurden von den Studierenden in Köln (Platine zum Netz) und in Aachen (Platine zur Batterie) selbständig erstellt.

Im Juli 2007 wurden die beiden Platinen erstmals zusammengeschaltet und funktionierten auf Anhieb. Bild 3 zeigt den Schaltungsaufbau mit den wichtigsten Komponenten sowie die zugehörigen Platinen.

Der Eingangsteil besteht aus einem PFC Gleichrichter, der im diskontinuierlichen Betrieb arbeitet und nach HF-Filterung dem Netz einen nahezu sinusförmigen Strom entnimmt sowie die Zwischenkreisspannung U1 unabhängig von der Netzspannung auf ca. 370V regelt.
Als zweite Leistungsstufe wird ein Sperrwandler eingesetzt, der eine potentialfreie, stabilisierte Ausgangsspannung von U2 = 32V erzeugt. Beide Konverter werden von dem Steuer-IC TEA1750 aus der Green Chip Serie von NXP angesteuert. Dieser Baustein minimiert die Schaltverluste durch „valley switching“ und Reduzierung der Schaltfrequenz bei niedriger Last. Im Stand-by-Betrieb wird der PFC Gleichrichter deaktiviert und der Sperrwandler arbeitet im „burst mode“. Dadurch können die Stand-by Verluste unter 0.5W gehalten werden. Eine weitere Verlustreduzierung wird durch den Einsatz eines Synchrongleichrichters (T3) auf der Sekundärseite erreicht.
Die dritte Leistungsstufe besteht aus einer Transistor H-Brücke. Je nach Polarität der Batterie wird der untere Transistor einer Halbbrücke durchgeschaltet, und der Strom wird durch die andere Halbbrücke über die PWM Einheit des Mikrokontrollers ADuC7026 sowie einen Regelkreis eingestellt.

Batterieerkennung
Zur Erkennung der Batterie muss für mindestens eine Minute ein definierter Entladestrom von 2A entnommen werden. Dieser wird in den Zwischenkreis Uo gespeist. Die zugehörige Leistung kann zur Versorgung des uC und der Ansteuer- und Messeinheit genutzt werden. Übersteigt die Entladeleistung jedoch den Bedarf der Hilfskreise, steigt die Spannung Uo weiter an. Ab einem Wert von Uo=36V wird die überschüssige Entladeleistung in einem bipolaren Transistor T4 auf einem Kühlkörper in Wärme umgesetzt. Maximal sind Pv = 32V x 2A = 64W abzuführen.
Für den Erkennungsalgorithmus und die Ladung muss die Batteriespannung ständig mit dem Mikrokontroller gemessen werden. Um die Auflösung der A/D Wandlung zu erhöhen, wird mit einer Operationsverstärkerschaltung in Abhängigkeit der Batteriespannung zunächst ein konstanter Referenzwert abgezogen, der über den D/A Ausgang des Mikrokontrollers bereitgestellt wird. Es ist somit möglich, ein Messfenster automatisch an die Batteriespannung anzupassen und dadurch die Auflösung der Spannungserfassung effektiv um 2 Bit zu erhöhen.
Zur Batterieerkennung werden bestimmte Lade- und Entladezyklen eingestellt und die resultierenden Spannungs- und Stromwerte werden durch den Mikrokontroller ausgewertet.

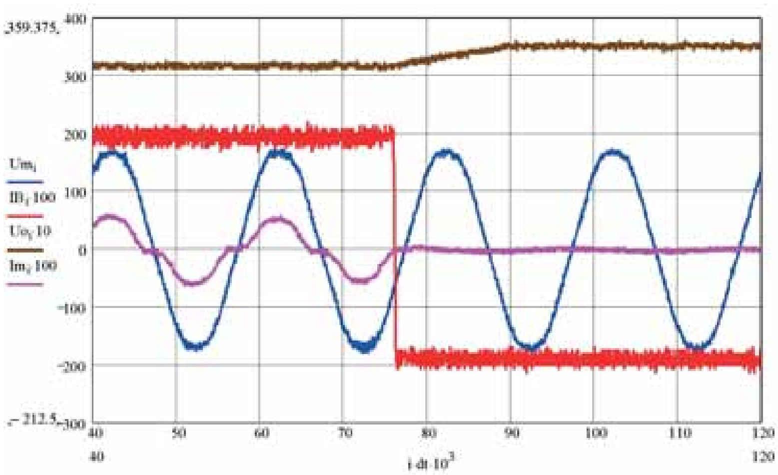


Bild 4: Messung: Netzspannung Um (blau), Netzstrom Im (pink), Batteriestrom IB (rot), Zwischenkreisspannung Uo (braun)

Batterietypen
Daraus wird eine erste Wahrscheinlichkeitsangabe für die vier Batterietypen und die Zellenanzahl möglich. In der Folgezeit werden weitere Lade- und Entladezyklen durchgeführt, um eine weitere Eingrenzung vorzunehmen und schließlich den Batterietyp und die Zellenanzahl genau bestimmen zu können. So kann beispielsweise über eine Hysteresemessung sehr gut festgestellt werden, ob eine Nickel-basierte Batterie vorliegt, die nur mit der Konstantstrom-Methode geladen werden darf. Bei Blei- und Lithium-Ionen Batterien wird zunächst mit konstantem Strom und abschließend mit konstanter Spannung geladen. Bleibatterien zeigen höhere Spannungsantworten bei Strompulsen. Solange der Batterietyp nicht eindeutig festliegt, wird darauf geachtet, dass im Falle einer Lithium-Ionen Batterie keine Überladung erfolgt.
Bild 4 zeigt exemplarisch das gemessene Verhalten des Gerätes an einer 12V Bleibatterie bei einem Übergang vom Lade- auf den Entladebetrieb, d.h. von IB = +2A auf IB = -2A. Aufgezeichnet sind die Netzspannung Um, der Netzstrom Im, die Zwischenkreisspannung Uo und der Batteriestrom IB.

Während der Ladephase wird ein nahezu sinusförmiger Strom aus dem 110V Wechselstromnetz entnommen und die Spannung Uo wird auf 32V stabilisiert. Bei der Entladung sinkt der Netzstrom nahezu auf Null und die Zwischenkreisspannung steigt bis auf Uo = 36V.

Deutsche Studierende sind erfolgreich
Bild 5 zeigt das fertige Gerät in einem Plexiglasgehäuse, das von zwei Studierenden während der Finalrunde des Wettbewerbs in den Laboratorien von Texas Instruments in Dallas, USA, neben einer Präsentation den Gutachtern

Abstract
Da die Zahl der mobilen elektronischen Geräte in deutschen Haushalten ständig steigt, wird auch die Anzahl der entsprechenden Ladegeräte immer größer. Denn Handy, Notebook oder MP3Player müssen regelmäßig aufgeladen werden. Für die Nutzer wäre es deshalb sehr viel praktikabler, nur ein Ladegerät nutzen zu können, mit dem alle Akkus oder Batterien der portablen Geräte geladen werden können. Dieser Aufgabe haben sich Studierende aus Köln und Aachen gewidmet und ein sogenanntes universelles Ladegerät entwickelt.

Projektbetreuer
Prof. Dr. Heinz van der Broeck
Institut für Automatisierungstechnik
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer (RWTH Aachen)
Prof. Dr. ir. Rik de Doncker (RWTH Aachen)
Dipl. Ing. Martin Kiel (Labor RWTH Aachen)
Dipl. Ing. Dieter Pingel (Labor Fachhochschule Köln)

Studentische Projektteilnehmer
Fachhochschule Köln:
Heike Barth
Tim Schmidla
Andreas Anschütz
Raffael Kuberczyk

RWTH Aachen:
Hannes Nordmann
Christoph Schaeper
Christoph Wieczorek
Frank Hecht

Fachhochschule Aachen:
Yusuf Yurdagel

Projektpartner
Philips Research Aachen
NXP
Ferroxcube
NORWE
MacService
LEM
Tecxus
Analog Devices
IEEE- PELS
IEEE German Section
ISEA-RWTH Aachen
Fak IME - FH Köln



Bild 5: Prototyp des universellen Ladegerätes

erfolgreich vorgeführt wurde. Die Arbeiten des Köln-Aachener Teams wurden mit einem Preisgeld in Höhe von 2.500 Dollar ausgezeichnet. Die am Projekt beteiligten Studierenden konnten sich ihre individuelle Entwicklungsarbeit am Ladegerät je nach Umfang als Studien- oder Diplomarbeit anerkennen lassen. Insgesamt waren neun Studierende bereit, neben ihrem Studium einen großen Teil ihrer Freizeit in die Entwicklung des universellen Ladegerätes zu investieren. In dieser Zeit besuchten sie auch Elektronikfachmessen und knüpften Kontakte zu Firmen, die das Projekt sowohl finanziell unterstützten, als auch kostenlose Software, Komponenten und Geräte bereit stellten.

Regelmäßige Treffen fanden in Köln und Aachen statt (siehe Bild 2), in denen die Entwicklungsarbeit so geplant und aufgeteilt wurde, dass die jungen Forscher/innen auch unabhängig voneinander Teilaufgaben bearbeiten konnten. Die Fortschritte der Projektarbeit wurden in zwei Berichten für den IEEE dokumentiert und an Gutachter in die USA gesandt. Im Frühjahr 2007 konnten zwei Teammitglieder an einem Workshop des Future Energy Challenge in Anaheim, USA, teilnehmen und Diskussionen mit Studierenden anderer Teams führen, die aus Australien, Bangladesh, USA, Brasilien, Sri Lanka und China angereist waren.

Die Erfahrung bei der Projektarbeit und der hochschulübergreifenden Zusammenarbeit in einem größeren Team sowie die internationalen Kontakte werden für sie im Hinblick auf die spätere Berufstätigkeit sehr wertvoll sein.

Heinz van der Broeck

Prof. Dr. Heinz van der Broeck ist leider vor Erscheinen des Forschungsberichts verstorben.

A Survey on Lossy Compression of DSC Raw Data

In digital photography, raw data capturing and processing more and more becomes a common practice. Modern raw converters offer strong tools to optimize image quality after image capture. A problem of handling and workflow using raw data is the amount of image data especially for large sensor sizes. This results in long transmission times between internal RAM and external storage media. Additionally, the memory requirements of raw data considerably reduce the maximum number of images, that can be stored on memory cards compared to the common JPEG file format.

Up to now, camera manufacturers use lossless or quasi-lossless compression methods by entropy coding and/or nonlinear quantization to reduce the file sizes of raw data. By using these techniques, only low compression ratios of about 1…2 are being achieved. Higher compression ratios are assumed to be attainable only by lossy compression procedures.

This study investigates the potential and general characteristics of the lossy compression of raw data using the baseline JPEG algorithm. In still picture technology, the JPEG and JPEG2000 compression techniques have been widely established. The characteristics of both methods have been extensively researched and compared to each other. The results [1-3] show that JPEG has advantages in perceptual image quality for low compression ratios of up to about 1:20. JPEG2000 gains at increasing compression ratios. As low compression ratios are of particular interest to raw data compression, our approach focuses on lossy compression using the JPEG method.

Evaluation methodology

The following diagram shows the data processing to evaluate the performance of the compression procedure (Fig. 1).

The Original raw Image (*OI*) is compressed and decompressed. The LUTs are needed to adapt the digital word width between the 16 bit image signals and the 12 bit input signals for the JPEG algorithms. Following, the Compressed Image (*CI*) is compared to the original by subtraction resulting in the Difference Image (*DI*).

In the coding community it is common practice to assess the compression efficiency by the objective metrics below:

- Compression Ratio (*CR*): the ratio of the original to the compressed amount of data. As the original size the pixel number times 2 Byte (16 bit image data) is used, the compressed data size is represented by the JPEG file size:

$$CR = \frac{2 \cdot X \cdot Y}{size(*.jpg)} \qquad (1)$$

- Peak-Signal-to-Noise-Ratio (*PSNR*): the ratio of the root mean square error (RMSE) or standard deviation std() of the difference image to the maximum signal level, here 2^{16}-1 for 16 bit image signals:

$$PSNR = -20 \cdot \log_{10}\left(\frac{std(DI)}{2^{16}-1}\right)[dB] \qquad (2)$$

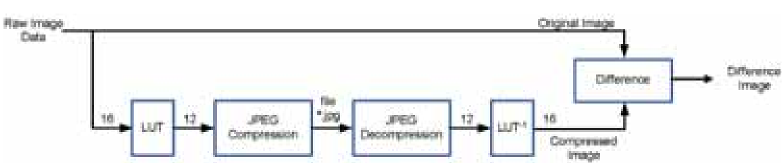


Fig. 1. Processing scheme to evaluate the raw data compression.

These metrics are global measures and include no information about spatial inhomogeneities or the distribution of compression errors dependant on the signal level. We define a new measure for the signal-to-noise-ratio according to the classical definition as following:

- Signal-to-Noise-Ratio (SNR_{Comp}): the ratio of the standard deviation over all pixels ***x,y*** of the difference image to the signal level ***A***, at which level ***A=OI(x,y)*** this deviation occurred:

$$SNR_{Comp}(A) = -20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\sigma_{DI}(A)}{A}\right)[dB]$$
$$\sigma_{DI}(A) = std\left(DI(x,y)\big|_{OI(x,y)=A}\right) \qquad (3)$$

The evaluation software has been realized in Matlab 7. For the JPEG compression the built-in 12 bit baseline mode is used (see function ***write()***).

If not explicitly mentioned below, the LUTs are filled with linear functions from the minimum to the maximum level.

All signal specifications below refer to a 16 bit maximum signal level 2^{16}-1.

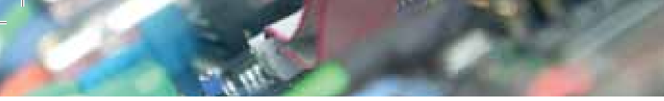
All diagrams of linear images (original, compressed or difference image) are adjusted to the graphical output by a gamma of 2.2. The difference image is multiplied by factor 10 and shifted to a mean level of 0.2 of the signal range in order to clarify the small differences.

Basic Considerations

Characteristics of the JPEG Compression

JPEG baseline divides the image in 8x8 blocks and transforms each of them with the DCT. The resulting 64 DCT coefficients of every block are quantized with a linear scalar quantizer and entropy coded by Huffman coding. The quantization step height for each of DCT coefficients is specified by a quantization table. This table can be controlled by a user parameter referred to as quality factor [0...100] (QF) in this article. The lower the QF is set, the higher the quantization steps will get, and the more the image quality decreases. Once set, the quantization table is applied to all blocks of the image. [4]

The idea of this compression scheme is based both on the spatial correlation of natural images and the human eye. The human eye is quite robust against small devia-



tions in the higher spatial frequencies, and therefore the quantization steps are chosen increasingly with the frequency. Smooth image areas comprise only few activity in high spatial frequencies. This gives rise to many zeros in the coefficient stream, which can efficiently be encoded, and results in drastically reduced amount of data.

Due to the block by block operation and the quantization errors of JPEG, it may produce visible artefacts, if the quantizer step heights are set too high, known as

- blocking artefacts,
- ringing artefacts and
- blurring.[5]

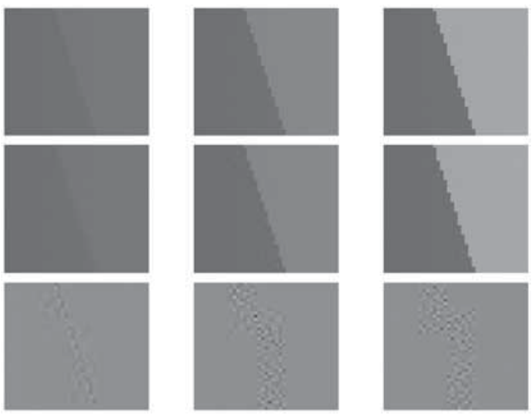


Fig. 2. Original (top), compressed (middle) and difference image (bottom) for QF=50 and different edge heights. The low edge (left, delta=1000) generates blurring and very small ringing. The middle edge (middle, delta=5000) and the strong edge (right, delta=15000) disclose about the same difference image and therefore a constant ringing without blurring. Moreover, it can be observed, that the ringing artefacts are more visible on the dark side of the edge

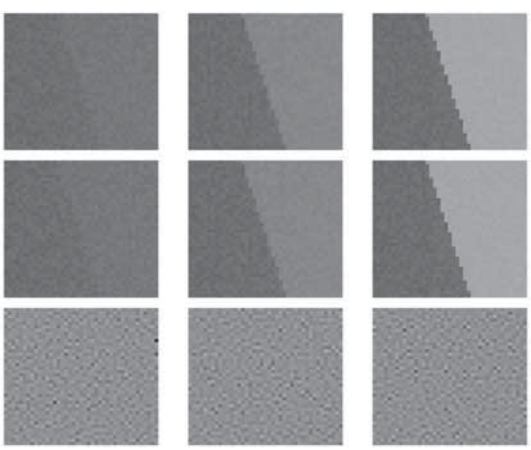


Fig. 3. Effect of additive white uniform noise (à=300) before compression to the emerging of ringing artefacts (same settings and alignment of the images as in Fig. 2). The ringing has disappeared, and the difference images exhibit an uncorrelated noise pattern without blocking.

Blocking artefacts usually arise at very high compression ratios and very low quality factors respectively. Since only high compression quality will be challenged for the application with raw data, this point may be neglected.

Ringing and blurring are a consequence of the quantization of the higher spatial frequencies. In smooth image regions this effects a thresholding and therefore a truncating of the high frequencies, observed as image blur. Near edges and small details some of the high frequency coefficients are excited over their quantizing threshold and show the pattern of their specific basis functions around the edge (see Fig. 2).

Ringing and blurring have absolutely to be avoided for the application with digital raw data. The raw data is to be post-processed by sharpening for example which can make these artefacts visible by a strong amplification of the high frequencies.

A simple way to suppress the phenomenon of ringing and blurring is to add white noise to the original image (see Fig. 3). Upside a specific noise level, all DCT coefficients are stimulated stochastically independent of each other and induce an uncorrelated noise in the final image.

The noise of the difference image doesn't change upside that specific level. This is an indication for the equally stepped quantizer within the JPEG processing.

Modelling the JPEG Compression

In the linear system theory a quantizer may simply be modeled by additive uniformly distributed noise. This noise has an amplitude of the quantizer's step height, as far as the system is stimulated by an input signal covering a range of more than one quantizer step.

In the case of the JPEG compression, this can be fulfilled by a white image noise as it is done in the simulation experiment above. It is important to have broad banded noise in order to stimulate all the DCT basis functions. As a specific quantizing step height is assigned to every basis function, the necessary noise level depends on the frequency to stimulate the quantizer as desired.

Assuming an input signal with sufficient noise, the JPEG compression can be modeled in this way:

Because of the orthogonality of the DCT and the DCT-1 transform, the quantization noise can be measured via the difference image. This difference noise exactly defines the necessary noise to stimulate the system as requested. The JPEG noise characteristics (spectral distribution and variance or standard deviation respectively) are explored with a ramp function over the whole signal range combined with additive white uniform noise (í $_{noise}$=600). Fig. 5 shows the exemplary results for QF=50.

The JPEG noise characteristics have been determined for different settings of QF

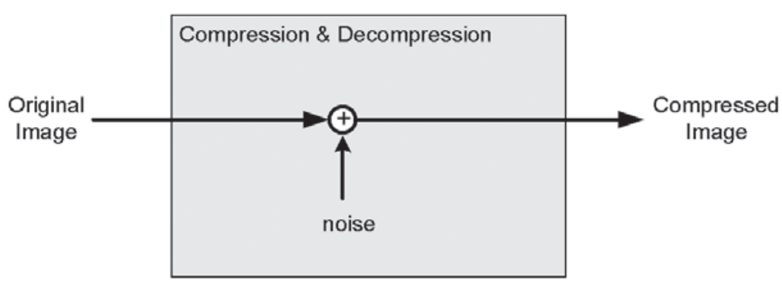


Fig. 4. System model of the JPEG compression/decompression process for a sufficiently noisy input image.

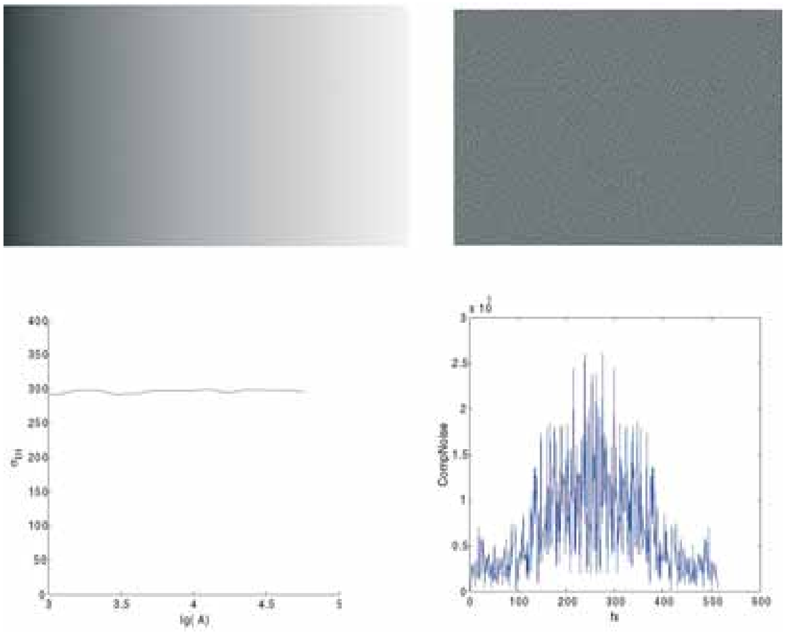


Fig. 5. Top left: original linear gradient with additive noise; top right: difference image with characteristic JPEG noise pattern; bottom left: RMSE as a function of the signal level; bottom right: noise spectrum of the difference image.

(50<QF<100, see Tab. 1).

The noise variance is constant over the whole range of signal levels (see Fig. 5, bottom left).

The noise spectrum shows a high pass characteristic (see Fig. 5, bottom right) and is independent of the quality factor. This indicates that the quantization tables follow the same spectrally distribution at least for the examined quality factors greater than QF=50.

Characteristics of DSC Raw Data

DSC raw data are designed for post-processing by an external raw converter software. The functionality of this image processing tool usually comprises

- CFA interpolation (demosaicking)
- White balancing
- Tone mapping
- Sharpening
- Noise reduction
- Color correction
- Color space conversion

All these processing stages have an impact on the noise and detail characteristics of the final image. Especially sharpening may amplify the high frequencies of the captured image signal up to an enormous extent, hence the design of a useful compression engine for raw data has to care for a proper signal quality.

But the processing pipeline for raw data is not generally regularized. Every software vendor and camera manufacturer defines proprietary image processing algorithms for that application. The raw converter software offers means to the user for optimizing and manipulating the final image by an interactive GUI.

QF	50	60	70	80	85	90	95	100
σ_{DI}	309.8	245.2	185.9	124.1	93.2	62.3	31.6	6.81

Tab. 1. Standard deviation of JPEG quantization noise for different quality factors.

Since the post-processing will not be determined in any way, the authors prefer to focus the question of a useful lossy compression onto the image quality of the raw input image.

DSC raw data are linear in exposure and are affected by various sources of noise: [6]

- Electronic base noise (read noise, reset noise)
- Thermal noise (dark current)
- Photon noise (shot noise)
- Photon response nonuniformity (PRNU)

The effects of these noise mechanisms can be embraced to

- a spatially determined so-called fixed pattern noise (FPN) and
- a stochastically random so-called temporal noise.

The FPN often is corrected by a dark frame subtraction or a flat field correction. The remaining random noise is dominated by

- a static noise floor for low image signals, which increases with temperature and exposure time, and
- a dynamic noise part, which is driven by the photon noise and which increases according to the square root of the signal level.

This dynamic part of noise dominates the image quality of our raw data and will be the key to adjust the JPEG compression engine. Furthermore, the origin sensor noise should be a white noise as the incident photons act stochastically independent of each other.

In practice, ambitious image sensors achieve SNR values of about 50 dB for high image signals.

Adjusting the JPEG Compression Model to DSC Raw Data

The noise level induced by the JPEG quantization – and needed as input noise to avoid ringing artefacts - has been shown to be constant and independent of the signal level. The raw data input noise increases according to

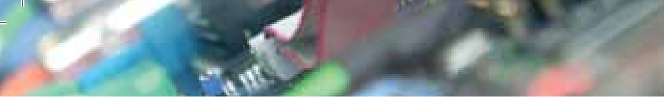
$$\sigma_{raw} \sim \sqrt{A}\,. \quad (4)$$

By using a nonlinear LUT function before compression

$$y = \sqrt{x} \quad (5)$$

before compression and an inverse function

$$x' = y'^2 \quad (6)$$



for the second LUT after decompression, the SNR behaviour of the JPEG quantizer can be equalized over the whole range of input signal levels, and thus it can be adjusted to the input image noise. Fig. 6 compares the SNR characteristics of the linear LUT vs. the nonlinear "gamma" LUT (gamma = 2.0) with respect to the SNR function of an idealized camera with a maximum SNR of 50 dB. The results clarify the adaptation of the quantization noise of JPEG to the camera noise function.

By means of that "gamma" LUT the quantization noise of JPEG operates in a comparable way like the camera noise. On the other hand the JPEG quantizer would be stimulated by such a camera noise in an ideal way.

Having a close look to Fig. 6, a quality factor of at least about QF=85 should be expected to meet the target that the JPEG quantization noise undershoots the noise level of the 50 dB camera. It is important to recognize that the choice of the appropriate quality factor is a function of the noise quality of the camera system. If the camera noise level is increased by ISO settings for example, the quality factor might be decreased accordingly.

Furthermore, the choice of the gamma function for the adjustment is advantageous in other respects, namely the visibility of the additionally generated quantization noise of the compression mechanism. The gamma function approximately matches the additive noise level to the sensitivity of the human eye in such a way, that the additional noise floor appears homogeneously distributed independent of the signal level.

Concept for the Compression of DSC Raw Data

Compression Model

We propose the following structure of a compression model to be applied to DSC raw data:

At first the CFA sensor data are separated into the four color planes R, G1, G2 and B. Following, the color signals of a word width of 16 bit are quantized by the so-called compression LUT to that accuracy necessary for the JPEG encoder, e.g. 12 bit in the example of Fig. 1. The compression LUT might be a linear or nonlinear (see above) function. After quantization the color signals, a separate JPEG encoder compresses each resulting image plane.

- The 1D compression LUT can be optimized to adjust the specific camera noise level to the JPEG encoders (see section 2.4). In our further investigation the specified gamma function with í=2 is used .
- The JPEG encoders compress the four color streams independently of each other. They might be controlled by an individual quality factor.

Decompression Model

The data flow to unpack the compressed image streams corresponds to the inverted compression model:

The data container within a raw data file format should include all parameters needed for unpacking the compressed raw data:

- Inverse compression LUTs
- JPEG control parameters

Experimental Setup

Six images of Canon's EOS 5D SLR camera served as exemplary input images (see Fig. 9). Each image consists of a total of 4386 x 2920 pixels.

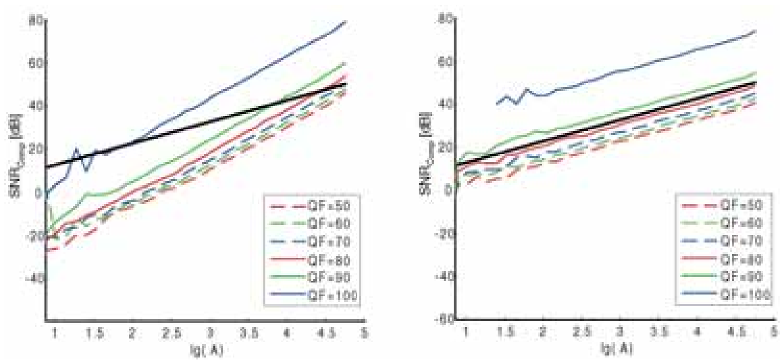


Fig. 6. Comparison of the SNR functions linear (left) vs. gamma LUT (right) due to JPEG quantization noise for different quality factors QF. The black line indicates the photon noise of a hypothetical DSC with a maximum SNR of 50 dB at high signal levels.

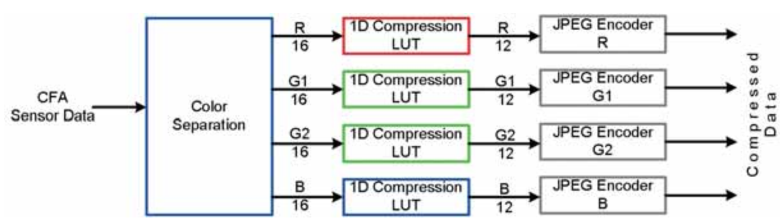


Fig. 7. Proposed compression model

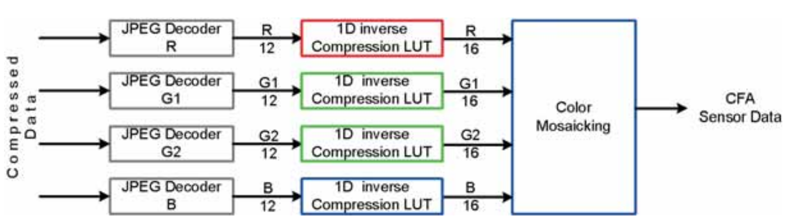


Fig. 8. Decompression engine



Fig. 9. Images used in this investigation (top: 1-3, bottom: 4-6).

The image processing is realized in Matlab combined with a modified dcraw raw converter. The data flow of dcraw is disconnected before the demosaicking step. By that interface, the raw sensor data are transferred to Matlab and processed by the compression and decompression model and the final evaluation. The options of dcraw are set to force 3x16 bit output signals in raw color space.

Two different processing schemes have been chosen to evaluate the compression performance. Fig. 10 shows the workflow to compare the SNR_{Comp} to the camera noise. The processing according to Fig. 11 is used to assess the compression performance itself by the PSNR or the σ_{DI}. The gamma correction compensates the decompression LUT and offers the direct access to the JPEG stage. For clearance, the results processed by the second workflow are signed by "γ=2" in the sections below.

Results

The SNR_{Comp} functions of Fig. 12 disclose the effect of a lack of image noise if the quality factor is chosen too low. In that case, the quantization noise of the compression decreases, the SNR_{Comp} increases locally and we observe a deviation of the SNR_{Comp} function from the straight lines of Fig. 6.

Fig. 13 demonstrates the deviation of the ideal quantization noise for the images individually as a function of the quality factor. The deviation from the ideal quantization noise (black line) grows with a declining quality factor. But all the lines converge at a quality factor of about 85 indicating that the compression may be treated as an independent noise stage upside this point.

The next Fig. 14 visualizes the changes of an image detail in image 1 by the JPEG compression. After decompression the raw data stream was demosaicked by the adaptive homogeneity-directed interpolation [7], gamma adjusted by γ=2.2 and sharpened three times by the Photoshop standard sharpening filter operation in order to make the originally very small deviations visible. Following the different quality factors, the ringing artefacts

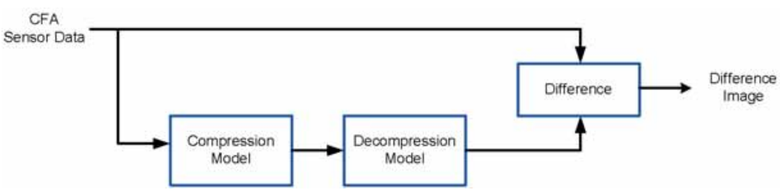


Fig. 10. Processing chain to examine the SNR_{Comp}.

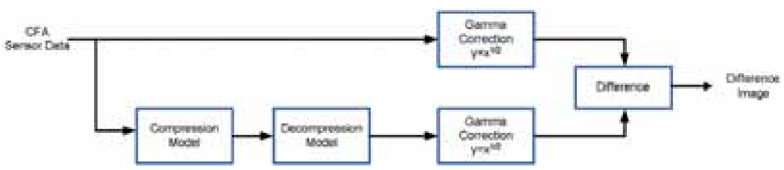


Fig. 11. Processing chain for evaluation of the PSNR.



Fig. 14. Comparison of image qualities for progressive quality factors.

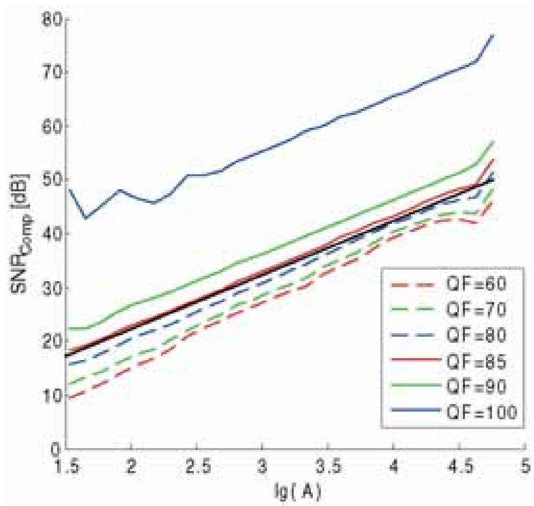


Fig. 12. SNR evaluation for image 1 and different quality factors. The functions are typical for all the other images. The impact of the image content for quality factor lower than 85 is visible. For comparison the 50 dB camera noise is drawn as black line.

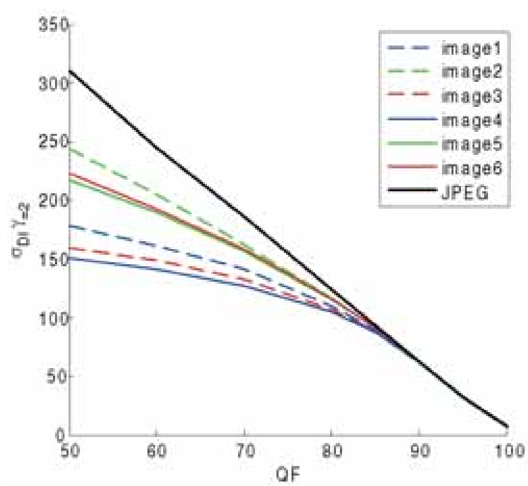
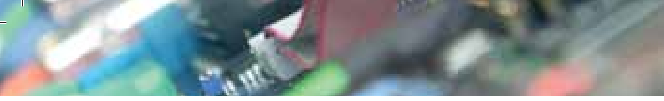


Fig. 13. The standard deviation as a function of the quality factor for all images. The ideal JPEG quantization noise is marked with the black line (compare Tab. 1).



disappear at QF=80 and an increased noise level can be noticed up to QF=85. Upside QF=90 losses can't be perceived anymore.

Tab. 2 presents the numerical results of the compressed file sizes, compression ratios and the PSNR values for a quality factor QF=90. The $PSNR_{\gamma=2}$ remains constant as the quantizer works ideal. Obviously, the lossy JPEG compression yields compression ratios of about CR=4 without visual losses and a benefit of factor 2 against the file sizes of Canon's lossless procedures (see last column).

Fig. 15 describes the dependency of the mean compression ratio as a function of the quality factor setting.

Conclusions

The lossy JPEG compression method has been exemplarily applied to reduce file

Image	$PSNR_{\gamma=2}$ dB	Image Size MByte	File Size MByte	Compressed Size MByte	Compression Ratio	Compressed Size/File Size
1	60,508	24,428	11,668	5,9332	4,1171	1,9666
2	60,498	24,428	14,667	7,8591	3,1082	1,8663
3	60,533	24,428	11,954	6,1861	3,9488	1,9323
4	60,54	24,428	11,752	5,646	4,3266	2,0814
5	60,573	24,428	13,84	7,5947	3,2164	1,8223
6	60,51	24,428	14,85	8,0085	3,0502	1,8543
Mean	60,527	24,428	13,122	6,8713	3,6279	1,9205

Tab. 2. Numerical results for QF=90 for the individual images and the corresponding mean values.

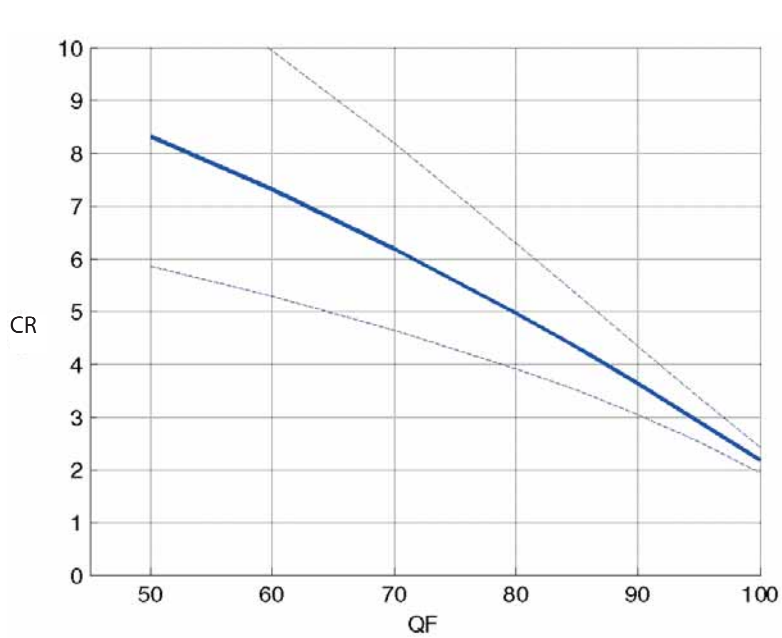


Fig. 15. Mean compression ratio as a function of quality factor. The dashed lines mark the min/max range of the 6 images.

Abstract

The study investigates the lossy compression of DSC raw data based upon the 12 bit baseline JPEG compression. Computational simulations disclose that JPEG artefacts originate from the quantization of the DCT coefficients. Input noise is shown to serve as an appropriate means to avoid these artefacts. Stimulated by such a noise, the JPEG encoder simply acts as an high frequency noise generator.

The processing structure of a general compression model is introduced. The four color planes of an image sensor are separately compressed by a 12 bit baseline JPEG encoder. One-dimensional look-up-tables allow for an optimized adaptation of the JPEG encoder to the noise characteristics of the input signals. An idealized camera model is presumed to be dominated by photon noise. Its noise characteristics can optimally be matched to the JPEG encoder by a common gamma function. The gamma adapted compression model is applied to an exemplary set of six raw images. Its performance concerning the compression ratio and compression noise is examined.

Optimally adjusted to the input noise, the compression procedure offers excellent image quality without any perceived loss referring to sharpness or noise. The results show that this method is capable to achieve compression ratios of about factor 4 in practice. The PSNR reaches about 60 dB over the complete signal range.

Projektleitung

Prof. Dr. Gregor Fischer
Fakultät für Informations-, Medien und Elektrotechnik
Institute of Media and Imaging Technology
gregor.fischer@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dietmar Kunz
Katja Köhler

sizes of DSC raw data. Compression ratios of about factor 4 have been achieved without any perceived losses of image quality concerning sharpness or noise.

Optimally adjusted to the input signal noise, the JPEG compression simply acts as an ideal noise generator. Driven in this mode, the typical JPEG artefacts are avoided. On the other hand, the stochastically independent input noise gives rise to that quite poor compression efficiency.

The alternative use of Jpeg 2000 or the mixing of the sensor's color signals to separate luminance and chrominance leave room for further optimizations.
The user acceptance has not yet been considered. For normal operations on raw data, higher compression ratios seem to be useful as well. The appropriate choice of the quality factor is up to the user to meet his demands.

Gregor Fischer

References

[1] F. Ebrahimi, M. Chamik, S. Winkler, "JPEG vs. JPEG2000: An objective comparison of image encoding quality", Proc. SPIE Applications of Digital Image Processing, vol. 5558, 300-308, 2004

[2] U. Steingrimsson, K. Simon, "Quality Assessment of the JPEG 2000 Compression Standard", Proc. of the CGIV 2004 Aachen, 337-342, Germany, April 2004 , 2004

[3] U. Steingrimsson, K. Simon, "Perceptive Quality Estimation: JPEG 2000 versus JPEG", Journal of Imaging Science and Technology, (47), 572-603, 2003

[4] D. Santa-Cruz, T. Ebrahimi, J. Askelof, M. Larsson, C. Christopoulos, "JPEG 2000 still image coding versus other standards", Proc. SPIE Applications of Digital Image Processing, vol. 4115, 2000

[5] G.A.D. Punchihewa, D.G. Bailey, R.M. Hodgson, "Objective evaluation of edge blur and ringing artefacts: application to JPEG and JPEG2000 image codecs", Image and Vision Computing New Zealand, Dunedin, New Zealand, 61-66, 2005

[6] M. A. Kriss, "A model for equivalent ISO CCD camera speeds", Proc. SPIE Digital Solid State Cameras: Designs and Applications, vol. 3302, 56-67, 1998

[7] K. Hirakawa, T. W. Parks, "Adaptive homogeneity-directed demosaicing algorithm", IEEE Trans. Image Process. 14(3), 360–369, 2005

LIVE – Live Staging of Media Events

Die Fernsehlandschaft befindet sich in einem Umbruch. Neben dem Fernsehen, wie wir es die letzten Jahrzehnte kennen gelernt haben, sind in jüngster Zeit neue Formen des Fernsehens und auch neue Arten der Interaktion mit dem Fernsehen entstanden. So gibt es verschiedenste Übertragungswege – etwa terrestrisch, via Kabel, Internet oder Satellit. Und neben dem herkömmlichen Fernseher stehen weitere Ausgabegeräte wie Computer und Handy zur Verfügung. Dies hat auch Einfluss auf den Medienkonsum. On-Demand- Services, wie beispielsweise die ZDF-Mediathek oder auch Dienste wie „Zattoo" oder „Joost" erlauben es, ausgestrahlte Filme, Serien oder Nachrichten nach Bedarf zu jedem Zeitpunkt wiederholt zu konsumieren.

Es gibt aber Ereignisse, deren Faszination gerade darin liegt, sie „live" mitzuerleben. Sportereignisse wie Fußball, die Olympischen Spiele, aber auch politische und gesellschaftliche Veranstaltungen sind Ereignisse, die von den Zuschauern gerne live mitverfolgt werden.

Das Ziel des von der Europäischen Kommission im 6. Rahmenprogramm geförderten integrierten Projekts „LIVE – Live Staging of Media Events" ist es, die Produktion neuer Formen des interaktiven Fernsehens für Live-Events zu ermöglichen. Die entwickelten Methoden und Werkzeuge wurden in Form eines Feldversuchs im August 2008 mit dem ORF und 500 beteiligten Testhaushalten getestet und analysiert.
Im Folgenden wird zunächst die Thematik aus Sicht des Zuschauers beschrieben, bevor die Produktionsseite und die dazugehörigen Werkzeuge beleuchtet werden.

Live-Events und interaktives Fernsehen aus Sicht des Zuschauers
Bei Live-Events finden oftmals sehr viele Ereignisse gleichzeitig statt. Bei den Leichtathletik-Wettkämpfen der Olympischen Spiele erfolgen beispielsweise Hochsprungwettbewerbe zeitgleich zu Entscheidungsläufen im 400m-Lauf. Zusätzlich werden an einem anderen Schauplatz Segelwettkämpfe ausgetragen. Den Fernsehsendern (Broadcaster) stehen hier viele verschiedenen Video- und Tonquellen zur Verfügung, die parallel das Geschehen wiedergeben. Im „klassischen" Fernsehen steht dem Zuschauer aber meist nur ein Kanal zur Verfügung. Das bedeutet, das Produktionsteam beim Sender muss Entscheidungen treffen: welches Material soll live gezeigt werden, was eignet sich eher für Rückblendungen oder Zusammenfassungen? Dabei ist nicht auszuschließen, dass für den Zuschauer relevante Information zu kurz kommt oder gar verloren geht beziehungsweise nicht live ausgestrahlt wird.

Im Projekt LIVE wird versucht, mit Hilfe mehrerer Kanäle, die dem Zuschauer parallel dargeboten werden, ein besseres „Eintauchen" in das Geschehen zu ermöglichen. Dabei genügt es allerdings nicht, dem Zuschauer die Auswahl frei zu überlassen und zu hoffen, dass sich durch bloßes hin- und herschalten eine Steigerung des Zuschauererlebnisses einstellt. Hierzu wird auch eine Strategie benötigt, die es erlaubt, den Inhalt der Kanäle an die Interessen und momentanen Vorlieben der Zuschauer anzupassen. Möglich sind dabei Programmänderungen und Themenvertiefungen. Zusätzlich wird der Zuschauer auf Sendungen hingewiesen, die seinen Interessen entsprechen.

Feldversuch mit Moderation
Im Rahmen des Projekts wird untersucht, welche Mittel dem Produktionsteam zur Verfügung stehen, um den Fernsehfluss des Zuschauers zwar zu leiten, aber das Zuschauererlebnis nicht zu beeinträchtigen. Dabei muss beispielsweise der Zeitpunkt von Texteinblendungen wohl überlegt sein. Eine Information während einer spannenden Entscheidung wirkt beispielsweise eher störend als informativ. Deshalb wurden beim Feldtest verschiedenste Methoden eingesetzt, um die Zuschauer zum einen über die Inhalte in den verschiedenen Kanälen zu informieren, zum anderen aber die Aufmerksamkeit nicht unnötig vom eigentlichen Geschehen abzulenken. Neben Verfahren, die mit grafischen Elementen und Texteinblendungen arbeiteten, wurde deshalb in einem Feldtest zusätzlich ein Moderatorenteam eingesetzt (vgl. Abb. 1). Das Moderatorenteam kann nun beispielsweise die Zuschauer darüber informieren, dass in einem anderen Kanal eine wichtige Entscheidung bevorsteht und überlässt es dann den Zuschauern, ob sie auf dem aktuellen Kanal verweilen wollen oder ob sie sich die sportliche Entscheidung anschauen möchten.

Um die Zuschauer tatsächlich aktiv am Programm teilhaben zu lassen, werden im LIVE-Projekt verschiedene Interaktionsmechanismen untersucht, die beim Feldtest erprobt wurden. Zum Beispiel wurden die Zuschauer durch Texteinblendungen gefragt, welche von drei zeitnah startenden Disziplinen sie gerne sehen würden (vgl. Abb. 2). Die Abstimmung erfolgte über die Fernbedienung, und die Disziplin mit den meisten Stimmen wurde gesendet.



Abb. 1: Moderatorin mit Programmübersicht im Hintergrund



Abb. 2: Mögliche Programmmitgestaltung der Zuschauer

Durch die Interaktion mit der Fernbedienung, musste bei der Entwicklung der Mechanismen besonderes Augenmerk auf ein einfaches, benutzerfreundliches Interaktionsdesign gelegt werden. Die Fernbedienung steht beim interaktiven Fernsehen meist als Eingabegerät zur Verfügung – mit wenigen erweiterten Bedienelementen.

Unterstützung des Produktionsteams

Es ergeben sich viele Fragen technischer, wissenschaftlicher und auch praktischer Natur, um ein solches Szenario zu realisieren.

Die zentrale Frage auf der Produktionsseite ist, wie das Produktionsteam bei der Erzeugung von mehreren parallelen Live-Kanälen unterstützt werden kann. Bei dem Feldtest zu den Olympischen Spielen standen beim ORF 12 sogenannte Multistreams zur Verfügung , Audio/Videoströme vom internationalen Broadcastingzentrum in Peking, die das Geschehen vor Ort live wiedergaben – und auch noch etliche Stunden an Archivmaterial mit Hintergrundinformationen und Reportagen. Während des Feldtests erhielt das Produktionsteam zusätzlich noch Informationen über die Athleten und die laufenden olympischen Wettbewerbe. Auf Grund dieser Vielzahl von Quellen mussten Workflow-Konzepte und Werkzeuge entwickelt werden, die das Team bei der Auswahl der Ströme unterstützte. Diese Ströme konnten dann den Zuschauern live dargeboten werden.

Doch neben der reinen „Reduktion" auf eine kleinere Anzahl von Kanälen, mussten dem Produktionsteam auch noch die Mittel an die Hand gegeben werden, die Zuschauer durch die Kanäle zu leiten und sogenannte Transitionspunkte zu definieren, zu denen ein möglicher Kanalwechsel Sinn machen würde (vgl. Abb. 3). Hierbei wirken sowohl gestalterische und dramaturgische Fragestellungen mit ein, als auch zeitliche Rahmenvorgaben des Live-Ereignisses, die beachtet werden müssen – etwa das Ende einzelner Wettkämpfe.

Um auf die Wünsche und aktuellen Vorlieben der Zuschauer eingehen zu können, musste ein Weg gefunden werden, mit dem Zuschauer zu kommunizieren. Zusätzlich musste das gewonnene Feedback auf eine möglichst aussagekräftige Art und Weise visualisiert und dem Produktionsteam zugänglich gemacht werden. Die aktuellen Interessen oder Wünsche der Zuschauer können durch Abstimmungen oder andere Formen des expliziten Feedbacks erfragt werden. Die aktuelle Verteilung der Zuschauerzahlen auf die unterschiedlichen Kanäle sowie die Vorlieben der gerade zuschauenden Personen ermöglichten es auf indirekte Weise, weitere Informationen von den Zuschauern zu erhalten.

Entwicklung von Werkzeugen

Im LIVE-Projekt wurden von den verschiedenen Projektpartnern Werkzeuge entwickelt, die die Arbeitsabläufe des Produktionsteams unterstützen. Im Vordergrund stand dabei die Förderung der kreativen Prozesse und Entscheidungen. Das Fernsehprogramm automatisch oder auf algorithmische Weise „von selbst" zu erzeugen, wurde dabei nicht angestrebt. Denn das wäre weder praktisch umsetzbar, noch würde es zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen.

Das Produktionsteam muss in die Lage versetzt werden, on-the-fly Video-Material zu durchsuchen und abzurufen. Dazu müssen auch die TV-Inhalte mit Zusatzinformationen versehen werden, um eine intelligente Suche auf unterschiedlichsten Granularitätsstufen zu ermöglichen. Als Granularitätsstufen werden verschiedene semantische Ebenen unterschieden, die von der einfachen inhaltlichen Beschreibung der dargestellten Szene, etwa „Fussball kreuzt Torlinie" bis zu einer allgemeinen Beschreibungen, beispielsweise „Endausscheidung Damenfußball" reicht. Vorproduziertes Material wird in einem digitalen TV-Archiv gehalten, so dass die Inhalte augenblicklich für die Ausstrahlung zur Verfügung stehen. Schließlich sollte das Produktionsteam bei der Auswahl des Materials durch passende personalisierte Verfahren unterstützt werden.

Intelligent Media Framework (IMF)

Kern der Entwicklung ist das so genannte „Intelligent Media Framework (IMF)", eine Datenbank, die intelligentes Medienmanagement ermöglicht. Das IMF erlaubt es, audiovisuelle Inhalte, die in ihrer Rohform vorliegen sowie weitere Daten, die bei einem Medienereignis entstehen, mit zusätzlichen semantischen Informationen anzureichern. Die dadurch entstehenden Medienobjekte tragen somit das Wissen über ihren Inhalt. So können verschiedenste Inhalte zusammengeführt werden.

Zur Vereinfachung der Auswahl von audiovisuellem Material aus dem TV-Archiv kommt ein Empfehlungs-System zum Einsatz, das sogenannte Recommender System. Ist beispielsweise vor einem sportlichen Wettkampf noch Zeit, könnte zur Überbrückung nach einem Interview oder einem Porträt eines Sportlers im Archiv gesucht werden, das in der Zwischenzeit gesendet werden kann.

Auch die Erfassung und Darstellung des „expliziten" und des „impliziten" Feedbacks ist eine wichtige Entscheidungsgrundlage für das Produktionsteam, wie die Pro-

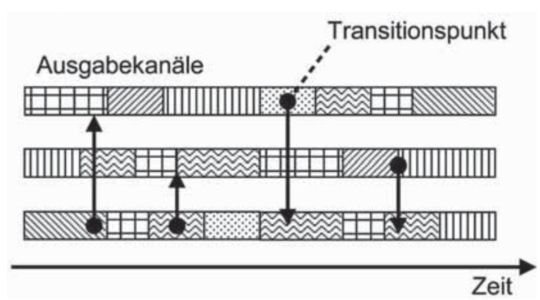
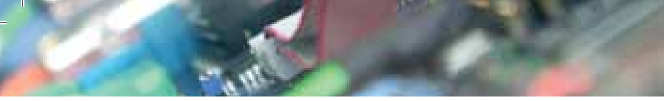


Abb. 3: Definition von Transitionspunkten



Abstract

Neue intelligente Produktionsmethoden für interaktives Fernsehen und Werkzeuge für digitale Fernsehsender zu entwickeln, um Medienereignisse live zu inszenieren: Das ist die zentrale Idee von LIVE. Kern der Entwicklung ist das sogenannte „Intelligent Media Framework (IMF)", eine Datenbank, die intelligentes Medienmanagement ermöglicht. Das IMF erlaubt es beispielsweise, audiovisuelle Inhalte, die in ihrer Rohform vorliegen, mit zusätzlichen semantischen Informationen anzureichern. Im August 2008 wurde dazu beim ORF ein Feldversuch mit 500 Testhaushalten gestartet.

Projektleitung an der Fachhochschule Köln

Prof. Dr. Stefan M. Grünvogel
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Medien- und Phototechnik (IMP)
stefan.gruenvogel@fh-koeln.de

Projektbeteiligte an der Fachhochschule Köln

Prof. Dr.-Ing. Klaus Ruelberg
Prof. Dr.-Ing. Franz Stollenwerk
B.Sc. Zoya Ghoraishi
Dipl.-Math. Richard Wages
Dipl.-Inf. Verena Würbel

Projektpartner

LIVE-Konsortium (www.ist-live.org)
Fraunhofer IAIS (Konsortialführer)
Atos Origin (Spanien)
Fachhochschule Köln
Kunsthochschule für Medien Köln
Österreichischer Rundfunk
Pixelpark Agentur
Salzburg Research
Universität Bradford
Universität Ljubljana



Abb. 4: Implizites Feedback

grammgestaltung auszusehen hat. Wenn die Zuschauer zu einer Abstimmung aufgefordert werden, wird das Abstimmungsergebnis als „explizites" Feedback bezeichnet. Unter „implizitem" Feedback versteht man die Verteilung der Zuschauer auf die vorhanden Kanäle und die zeitliche Änderung dieser Verteilung (auch Einschaltquoten). „Explizites" und „implizites" Feedback werden so visuell dargestellt, dass eine einfache Erfassung und Interpretation der Daten durch das Produktionsteam möglich ist (vgl. Abb. 4 und 5).

Ausblick

Im August 2008 wurde ein Feldtest beim ORF zusammen mit 500 Testhaushalten durchgeführt um die Methoden und Werkzeuge des LIVE-Projektes zu testen. An drei aufeinander folgenden Wochenenden wurde jeweils am Samstag und Sonntag sechs Stunden live gesendet. Als Produktionsumgebung standen ein Kontrollraum beim ORF sowie ein weiteres Studio zur Verfügung. Der Feldversuch wurde erfolgreich durchgeführt und auch die Zuschauer nahmen aktiv am interaktiven Live-Fernsehen teil. Eine darauf folgende Evaluation des Feldtests wird dazu beitragen, sowohl zukünftig die Zuschauerzufriedenheit weiter zu verbessern, als auch die Produktionsmethoden und Werkzeuge zu optimieren.

Stefan Grünvogel

Rechtlicher Hinweis

This work was partially funded by the European Commission within the 6th Framework of the IST under grant number FP6-27312. All statements in this work reflect the personal ideas and opinions of the authors and not necessarily the opinions of the European Commission.

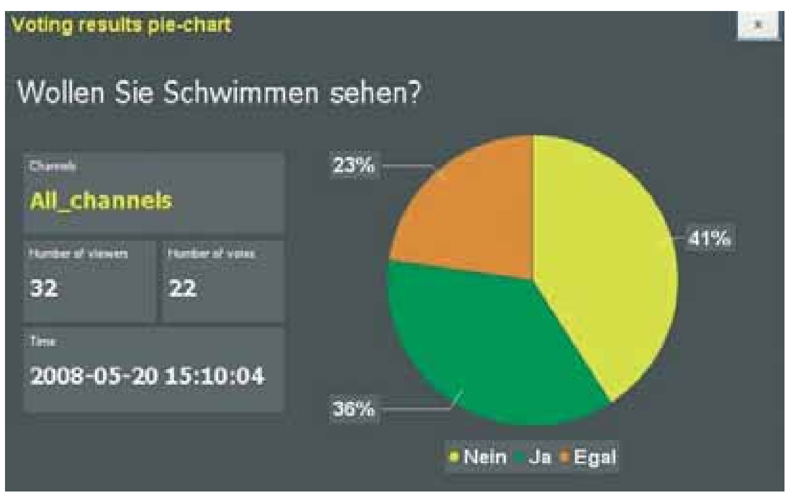


Abb. 5: Explizites Feedback

Hochfrequenzabsorbierende Beschichtungen

Hochfrequente Anwendungen sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, und ständig kommen neue Einsatzbereiche hinzu. Beispiele sind Handys, die W-LAN-Technik, Radarortung in Luft- und Schifffahrt, die RFID-Technologie in der Warenwirtschaft, sowie bildgebende radar-basierende Verfahren in der Automobilindustrie.

Doch all diese Techniken funktionieren nicht immer reibungs- oder störungslos. Beispielsweise lassen sich RFID-Tags, unmittelbar auf einem Metalluntergrund aufgebracht, nicht auslesen, da die RFID-Antennen durch den Metalleinfluss erheblich verstimmt werden. Das Gehäuse eines Automobilradars muss innen mit einer Absorberfolie ausgekleidet werden, da es ansonsten zu störenden Mehrfachreflektionen des Mess-Signals innerhalb des Gehäuses kommt. Bauwerke wie Brücken, große Gebäude oder Türme können ebenfalls Mehrfachreflektionen und dadurch Störungen im Radar der radarortenden Luftfahrt oder Schifffahrt verursachen. Auch Handystrahlung ist nicht überall erwünscht und sollte in geeigneter Weise aus bestimmten Lebensbereichen ferngehalten werden – etwa durch absorbierende Wandbeschichtungen.

Verbesserte Flachabsorber für Innen- und Außenanwendung

Ziel unseres Forschungsprojektes ist daher die Entwicklung neuartiger und bezüglich der Absorptionseigenschaften deutlich verbesserter Flachabsorber für unterschiedliche Innen- und Außenanwendungen.

Die Entwicklung von hochfrequenzabsorbierenden Materialien begann Mitte des letzten Jahrhunderts und zwar zunächst mit dem Ziel verbunden, Objekte aus Metall unsichtbar für elektromagnetische Wellen, speziell „Radar", zu machen. Angesichts der ständig steigenden Zahl der hochfrequenten Anwendungen in kommerziellen Bereichen sowie gesetzlichen Regularien zur elektromagnetischen Verträglichkeit und Störstrahlungsabschirmung, ist die gezielte Entwicklung von hochfrequenz-absorbierenden Beschichtungen wieder topaktuell.

Aufgrund ihrer Materialbeschaffenheit und ihres Aufbaus weisen diese Schichten gegenüber dem Freiraum einen niedrigen Reflexionsfaktor auf und wandeln die einfallende elektromagnetische Energie in Wärme um. Flachabsorber bestehen in der Regel aus Polymer-Schichten oder Polymer-Composites mit zusätzlich eingelagerten Anteilen von Graphit, Carbonyleisen, oder auch anderen Komponenten zur Erhöhung der Leitfähigkeit und/oder der Permittivität und Permeabilität der Polymermatrix. Durch geschickte Wahl der dielektrischen und magnetischen Materialparameter sowie „Strukturierung" einer Schicht kann die Reflektivität oder Absorptionseigenschaft einer Schicht gezielt eingestellt werden.

Abb.2 zeigt exemplarisch den Schichtaufbau eines Hochfrequenzabsorbers.

Als Polymere werden, je nach Anforderungsprofil, Polyurethane, Epoxyd- oder Silikonharze eingesetzt.

Wetterstabile Außenabsorber und RFID-Absorber

Aktuell konzentrieren sich die Arbeiten im Rahmen unseres Projektes auf zwei spezielle Anwendungsfälle:

- witterungsstabile Außenabsorber zur Anbringung an Stahlbrücken zur Verhinderung von störenden Radar-Mehrfachreflexionen
- Absorberpads für RFID-Tags zur Anwendung auf Metallemballagen, wie etwa Containern und Fassware.

Die Entwicklung des ersten Prototypen befasst sich mit Radarabsorbern für Stahlbrücken. Die Notwendigkeit dieses speziellen Absorbers wird in Abb. 3 verdeutlicht. Das oben eingeblendete Radarbild zeigt die bildhafte Darstellung zweier Stahl-Brücken über eine Binnenwasserstraße auf dem Radarschirm eines radarortenden Schiffes. Die rechte Brücke weist an der Unterseite offene H- bzw. T-Träger auf, die die Radarstrahlen mehrfach hin- und her reflektieren und deshalb vielfach und mit deutlichen Laufzeitunterschieden als Störsignale am Radargerät ankommen. Dadurch erscheint die Brücke extrem unklar und verschwommen. Sind hingegen die reflektierenden Tragwerksteile mit radarabsorbierenden Materialien beschichtet oder verkleidet, werden dadurch Mehrfachreflexionen unterdrückt, und das Radarbild des Empfängers wird wieder klar und auswertbar (linke Brücke). In Abb. 3 ist weiterhin das Foto einer Brücke dargestellt, die an der Unterseite mit radarabsorbierenden

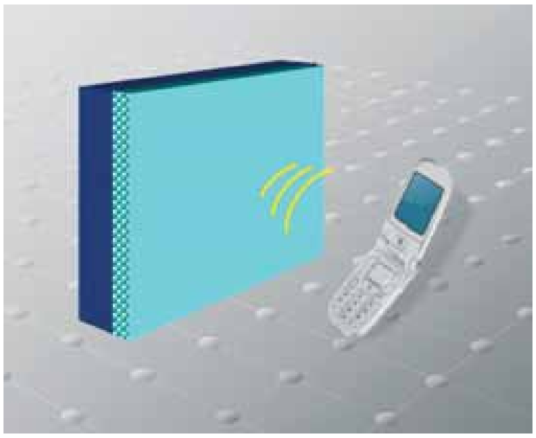


Abb.1: Auch Handystrahlung ist eine hochfrequente Strahlung. Hochfrequenzabsorber können Handystrahlung absorbieren, beispielsweise um bestimmte Wohnbereiche zu schützen.

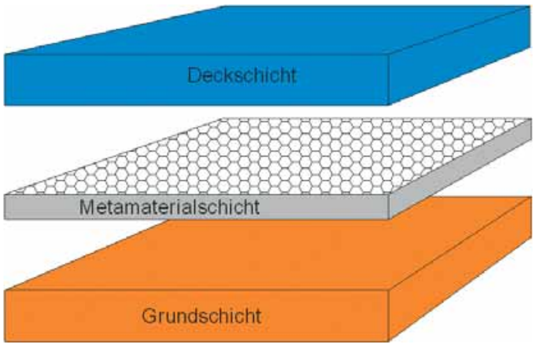
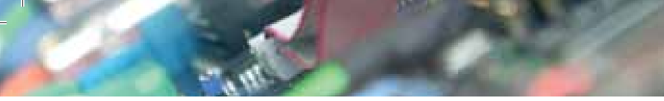


Abb. 2: Schematischer Aufbau eines 3-schichtigen Hochfrequenzabsorbers



Platten beschichtet worden ist. Ein Teil der Auskleidungsstrecke ist darin exemplarisch grün gekennzeichnet.

Der zweite Prototyp, der derzeit im Labor für Hochfrequenztechnik entwickelt wird, ist ein mehrlagiger Absorber, der das Funktionieren von RFID-Tags auf metallischen Untergründen ermöglichen soll. Bislang wird die RFID-Antenne durch die Metallwand, also bei Aufbringen des Tags auf Metallemballagen wie etwa Fassware oder Container, hochfrequenztechnisch erheblich verstimmt. Als Folge kann der Tag nicht angesprochen werden. Zur Anpassung der Impedanz auf die benachbarte Metallwand wird aktuell ein sehr dünnes Absorbermaterial entwickelt, das zwischen RFID-Tag und Metallwand aufgebracht wird. Als weiteres Entwicklungsziel ist eine Optimierung der RFID-Antenne in Hinblick auf ein perfektes Zusammenspiel mit dem Absorber"pad" vorgesehen. Hierdurch kann eine deutliche Erhöhung der Reichweite des RFID-Tags erzielt werden, was für die Warenwirtschaft eine große Rolle spielt.



Abb. 3: Stahlbrücke mit H-Trägerkonstruktion an der Unterseite und exemplarisch dargestellten Absorber
Oberes Bild: Radarbild zweier Stahl-Brücken (links verkleidet, rechst unverkleidet), mit Schiff in der Mitte

Produkt- und Prozessinnovationen
Unsere innovativen Ansätze zur Entwicklung von hochfrequenzabsorbierenden Materialien stützen sich sowohl auf Produktinnovationen als auch auf Prozessinnovationen.

Die Produktinnovation besteht darin, dass gezielt funktionelle Kunststoffschichten hergestellt werden, die ein definiertes hochfrequenzabsorbierendes Profil aufweisen. Als Zielvorgabe sollen diese Schichten sehr dünn und leicht sein und gleichzeitig hochfrequenztechnisch sehr breitbandig – folglich über einen weiten Frequenzbereich hinweg stark absorbieren. Mit „dünn" ist im Radarbereich von ca. 9 GHz eine Schichtdicke von etwa 1-2 Millimeter gemeint. Außerdem sollen diese Absorber eine sehr gute Wetterbeständigkeit aufweisen. Ausgangsbasis hierfür ist ein Zweikomponenten-Polyurethan-System von Bayer Material Science. Die Innovation besteht nun in der gezielten Modifizierung der Materialparameter, die für die Reflektivität beziehungsweise Absorption einer Schicht maßgeblich sind.

Mischmatritzen
Materialparameter sind hierbei die komplexe Permittivität ε und Permeabilität μ. Erstere Größe charakterisiert die dielektrischen Eigenschaften eines Materials, die zweite die magnetischen Eigenschaften. Beide Größen müssen mit recht hohem hochfrequenztechnischem Aufwand messtechnisch ermittelt werden. Hierbei spielt die Präzision der Messung eine maßgebliche Rolle für die spätere Realisierung der Absorber. Die Messung der komplexen Materialparameter ε_r und μ_r muss breitbandig und mit höchster Genauigkeit erfolgen. Die Ergebnisse werden in so genannten „Mischmatrizen" abgelegt. Dadurch ist man später schnell in der Lage, die für einen bestimmten Aufbau eines Absorbers erforderliche Zusammensetzung der Materialparameter ε_r und μ_r über die chemische Zusammensetzung der Materialmengen exakt und reproduzierbar zu generieren. Im Vorfeld müssen solche Mischmatrizen mehrdimensional für unterschiedlichste chemische Materialen angelegt werden, um so später die erforderlichen dielektrischen und magnetischen Materialeigenschaften gewünscht einstellen zu können. Dies erhöht signifikant die Genauigkeit und Qualität der Absorber. Abweichungen der Reflektivität von Vorgaben bei den Absorbern resultieren damit überwiegend nur noch aus den mechanischen Ungenauigkeiten der einzelnen Schichtdicken. Mit numerischen Verfahren, basierend auf genetischen Algorithmen, wird im Vorfeld aber der Gesamtaufbau des Absorbers so optimiert, dass eine solche Störung in der Dicke nur eine minimale Variationen des Gesamtverhaltens verursacht.

Flachabsorber – dünner, aber hochwertiger
Die Zielvorgabe „dünn, leicht, breitbandig" spielt eine wichtige Rolle bei der Preisgestaltung der Absorber. Je weniger Materialeinsatz erforderlich ist, umso kostengünstiger können sie produziert werden. Ein geringes Gewicht ist für bewegliche Objekte wichtig. Eine größere Bandbreite ermöglicht eine Anbringung auch dort, wo verschiedene Signalquellen gleichzeitig wirken, beispielsweise in Häfen, wo sich die verschiedenen Frequenzbereiche von Land- und Seeradar überlappen.
Mit Hilfe neuartig veränderter Polymerschichten sollen also deutlich dünnere, aber qualitativ hochwertigere als bislang am Markt verfügbare, Flachabsorber entwickelt werden. Hierzu werden verschiedene Ansätze verfolgt. Der Grundgedanke geht von einem mehrlagigen Polymerschichtaufbau mit optimiertem Reflexionsverhalten aus. Hierbei sollen neuartige Carbon Nanotube Partikel, wie sie beispielsweise von Bayer MaterialSciene in Leverkusen hergestellt werden, in die Polymerschichten integriert werden. Vorteil der Carbon Nanotubes ist es, dass sie in nur sehr geringen

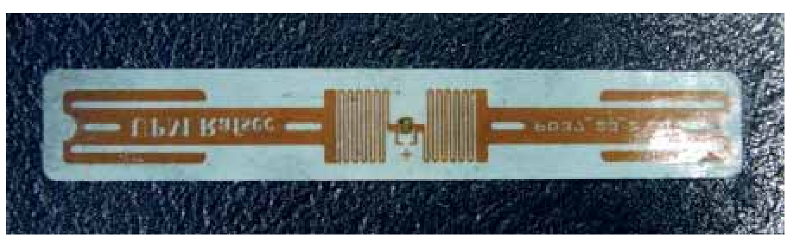


Abb. 4: RFID –Tag mit Absorber"pads" für metallische Untergründe

Mengen zugesetzt werden brauchen und deshalb die Eigenschaften des umgebenden Polymers, wie etwa die Elastizität, weitgehend erhalten bleiben. Allerdings sind hierzu noch aufwendige Messreihen zur Ermittlung der Mischmatrizen erforderlich.

Mikrohohlkugeln statt Styroporkugeln

Anstelle der bislang oft eingesetzten Styroporkügelchen oder der häufig verwendeten Lufthohlräume, die durch Schäumungsprozesse mehr oder weniger unkontrolliert vonstatten gehen, sollen nun die am Markt neu erhältlichen Mikrohohlkugeln in das Polymer einarbeitet werden. Mikrohohlkugeln sind sehr kleine, mit Luft gefüllte Kugeln, mit einem Durchmesser von ca. 0,2 Millimeter oder noch kleiner. Das Mischen eines Polymers mit Lufteinschlüssen erniedrigt die Dielektrizitätszahl ε_r des Materials, was insbesondere bei die Deckschichten zur Erniedrigung der Reflektivität wichtig ist. Die klassischen Styroporkügelchen bringen eine sehr schlechte Abriebfestigkeit der Absorber mit sich und sind recht „bröckelig". Lufteinschlüsse durch Aufschäumen verschlechtern die Wetterbeständigkeit und meist sind diese Vorgänge hochfrequenztechnisch nicht reproduzierbar. Für die Beschichtung von Kaimauern beispielsweise ist eine abriebfeste Oberfläche sehr wichtig. Diese lässt sich somit durch Zugabe und geeignete Einarbeitung von Mikrohohlkugeln erzielen.

Innovative Herstellungsprozesse

Neben der oben beschrieben Produktinnovation sollen im Projekt auch Prozessinnovationen entwickelt werden:

Bisher erfolgt die weltweite Herstellung von Außenflachabsorbern, etwa von Cuming Microwave, ARC Technologies in den USA, nach vergleichsweise einfachen Methoden, welche eine große qualitative Schwankung bei den Materialeigenschaften mit sich bringt. Hierdurch steigt die Ausschussquote, was das jeweilige Produkt natürlich extrem teuer macht. Die Kundenzufriedenheit ist ebenfalls nicht sichergestellt. Im Projekt soll deshalb zur Qualitätssicherung bereits ein für den Herstellungsprozess innovatives Konzept zugrunde gelegt werden. Dieses Konzept umfasst folgende Punkte:

- Halbfabrikatherstellung und Messung von dessen Hochfrequenz-Eigenschaften wie Dielektrizitätszahl und magnetische Permeabilität
- Erstellen von fließfähigen/spritzgussfähigen Polymermassen mittels geeigneter Bindemittel/Härter-Systeme sowie geeigneter Additive wie Mikrohohlkugeln anstelle großer Styroporperlen
- Verwendung von Spritzgussformen mit genau definiertem Hohlraum für eine genaue Schichtdicke, in die das Polymer-Additiv-Gemisch eingepresst und nach dem Kalthärtungsvorgang aus der Form genommen wird
- Reproduzierbares „Aufschließen" der modernen nanoskaligen Carbone mit geeigneten Mahlaggregaten wie Kugelmühlen und Testen der Ausmahlung durch Messen der HF-Eigenschaften dieses Halbfabrikates

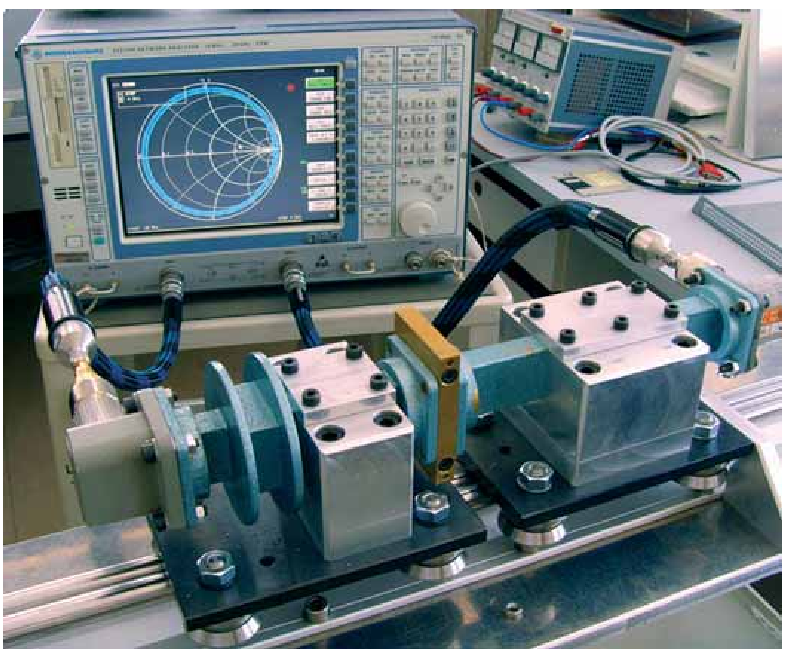


Abb. 5: HF-Messapparatur zur Bestimmung der Materialparameter im Hohlleiter (X-Band, 8 – 12 GHz)

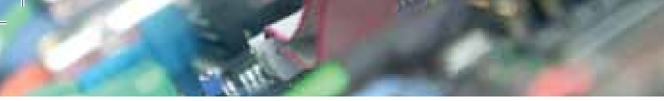
Die Prozessinnovationen beinhalten auch die sachgerechte Einarbeitung der am Markt neuen Rohstoff-Komponenten. Mikrohohlkugeln sind beispielsweise extrem leicht und würden sich beim Öffnen der Verpackung sofort im Arbeitsraum verbreiten. Sie müssen daher in einem neuen Verfahren in die Mischung eingearbeitet werden. Ähnliche Techniken sind aus der Einarbeitung von Konservierungsstoffen in Farben oder Kosmetika bekannt.

Die Carbon Nanotubes von Bayer MaterialScience bedürfen ebenfalls einer fachgerechten Vorbehandlung, da sie sonst elektrisch nicht wirken. In der Lieferform fallen sie zunächst als große Kohlenstoffknäuel an. Diese müssen erst sehr fein zermahlen werden, damit ihr „Nanocharakter" überhaupt eintritt.

Symbiose aus Materialentwicklung, Feldsimulationen und HF-Messtechnik

Die Zusammensetzung der einzelnen Schichten im Sinne eines optimierten Reflexionsverhaltens wird mit Hilfe elektromagnetischer Feldsimulationsmethoden bestimmt. Prinzipiell kann man solch ein Verhalten auch empirisch durch lange Versuchsreihen ermitteln. Aufgrund der Parametervielfalt sind hier moderne Simulationsverfahren aber wesentlich effizienter. Zusätzliche Vorteile: Bislang sind Flachabsorber meist nur für einen vergleichsweise schmalen Frequenzbereich erhältlich. Durch die Mehrlagentechnologie kann der Frequenzbereich deutlich erweitert und somit wesentlich breitbandiger werden. Je nach Vorgabe erhält man mit eigens dafür entwickelten Optimierungsverfahren, basierend auf Generischen Algorithmen, die Schichtdicken und die dielektrischen und magnetischen Eigenschaften der einzelnen Lagen. Diese Lagen werden dann mit den entsprechenden Mischungsverhältnisse der Materialien wie etwa Graphit, Carbon Nanotubes, Carbonyleisen, Bariumtitanat und Mikrohohlkugeln aus den Mischmatrizen zu einem Gesamtabsorber verarbeitet.

Zur Bestimmung der Materialparameter im sogenannten X-Band, also im Frequenzbereich von 8 bis 12 GHz, wurde eine Messapparatur, basierend auf Hohlleitertechnik, aufgebaut (Abb. 5). Mit dem Simulationstool „Ansoft



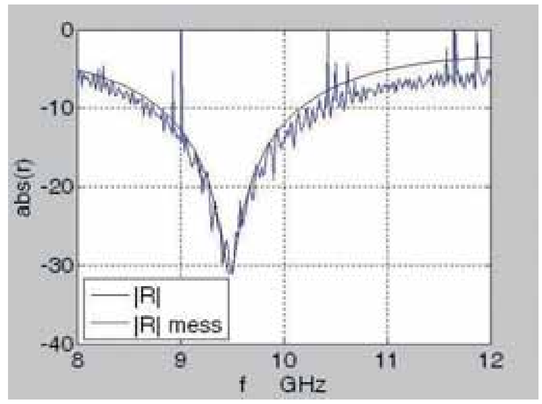


Abb. 6: Absorberverhalten (Reflexionsfaktor) mit Vergleich Simulation und Messung

HFSS“ wurden umfangreiche elektromagnetische Feldsimulationen durchgeführt und anhand eigener Simulationen und Optimierungen systematische Erkenntnisse zum Aufbau von Mehrlagenabsorbern gewonnen [FRI, YANG].

Ein erster, verfügbarer Prototyp ist der bereits oben aufgeführte „Brückenabsorber“. Er soll folgendes Eigenschaftsprofil aufweisen:

- mind. 16 dB Absorption bei f = 9,3 bis 9,5 GHz (Radarfrequenz Binnenschifffahrt)
- integrierte Metallrückwand
- extrem gute Witterungs- und UV-Stabilität
- geringes Gewicht

Abb. 6 zeigt einen Vergleich der simulierten Absorptionseigenschaft eines zweilagigen Schichtaufbaus mit dem tatsächlich realisierten Absorber. Hier ist bereits eine sehr gute Übereinstimmung erkennbar. Weiteres Ziel ist nun die Optimierung für eine Serienproduktion.

Unternehmen „noretec“

In Europa existiert bislang kein Unternehmen, das sich systematisch mit der Entwicklung und Herstellung von hochfrequenzabsorbierenden Materialien und Beschichtungen, speziell für den Außenbereich, befasst. Aus dem Labor für Hochfrequenztechnik an der Fachhochschule Köln soll daher ein Unternehmen ausgegründet werden, das sich mit diesen Aufgaben befassen wird. In Anlehnung an „**No Re**flection **Tec**hnologies“ wird die Firma ***noretec*** heißen. Das Projekt wurde vom BMWi im Rahmen des EXIST-Gründerstipendiums gefördert. Beim NUK- Businessplan-Wettbewerb (Neues Unternehmertum Rheinland) 2008 errreichte das Gründungsvorhaben ***noretec*** den zweiten Platz.

Rainer Kronberger

Literatur / Quellen

[MWA1] www.mpdigest.com/issue/Articles/2007/sept/Herman/Default.asp „Microwave Absorber: Finally, Some Respect?“

[FRI] Friedmann, Barbara: “ Entwicklung und Aufbau einer Messeinrichtung zur Bestimmung der dielektrischen Eigneschaften von Autoglasscheiben im Frequenzbereich 300 MHz - 2.4 GHz. Diplomarbeit, FH-Köln, Sept. 2007

[YANG] Yang, Xue: “ Charakterisierung und Bestimmung der Parameter verschiedener Mikrowellenabsorber für das X-Band (8.5 - 12 GHz)“, Diplomarbeit, FH-Köln, August 2008

Abstract

Im Labor für Hochfrequenztechnik an der Fachhochschule (FH) Köln werden innovative Beschichtungen entwickelt, die hochfrequente Strahlung absorbieren. Basis dafür sind speziell strukturierte Kunststoffoberflächen mit ganz speziellen elektrischen und magnetischen Materialeigenschaften. Mit diesen Materialien werden in vielen technischen Bereichen elektronische Baugruppen gegen Störstrahlen geschützt. Es werden damit aber auch Objekte beschichtet, die Mehrfachreflexionen im Radarbild verursachen wie beispielsweise Metallbrücken. Weiterhin werden sie in Kombination mit RFID-Tags zur Anwendung auf Metallemballagen eingesetzt – wie etwa in Fassware oder Containern. Erst die dazwischenliegende hochfrequenzabsorbierende Schicht ermöglicht das fehlerfreie Absprechen des RFID-Tags auf Metalluntergründen.

Projektleitung

Prof. Dr. Rainer Kronberger
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Labor für HF-Technik
rainer.kronberger@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dr. Barbara Friedmann
Barbara.friedmann@fh-koeln.de

Mehrelementantennen für Mobiltelefone (MIMOWA) – Neue Konzepte für kleine und integrierte Antennensysteme

Einen vielversprechenden Ansatz, wie sich die künftigen Anforderungen an drahtlose Funkzugriffsverfahren erfüllen lassen, bieten MIMO-Übertragungsverfahren. Das Kürzel MIMO – Multiple Input Multiple Output – steht für drahtlose Kommunikationssysteme, die gleichzeitig über mehrere Sende- und Empfangskanäle übertragen. Auf Grundlage spezieller Codierungsverfahren sind mit MIMO-Systemen somit erheblich größere Datenraten möglich als mit den derzeit üblichen Funksystemen. So können zukünftige kabellose Übertragungssysteme mit Datenraten von bis zu 1 Gbit/s verfügbar sein. Im Vergleich dazu schaffen derzeitige WLAN-Netze nur ca. 100 Mbit/s im Downlink.

Forschungsziel

Das Forschungsprojekt ist in vier Arbeitspakete aufgeteilt. Gemeinsam erarbeiten die Projektpartner zunächst Anforderungen und Spezifikationen für derartige Systeme, die dann entwickelt, aufgebaut und getestet werden. Ziel des Forschungsprojektes ist die Fertigstellung eines Demonstrators, mit dem die Leistungsfähigkeit des MIMO-Gesamtsystems dargestellt werden soll. Parallel dazu werden Antennensysteme für zukünftige Standards und Verfahren untersucht. Die Ergebnisse werden für den gesamten Bereich künftiger breitbandiger, drahtloser Kommunikationssysteme wichtige Grundlagen liefern. Gleichzeitig wird durch die mit MIMOWA erzielten Ergebnisse die Position Europas in den entsprechenden Standardisierungsgremien (IEEE und 3GPP) gestärkt.

Erhebliche technische und ökonomische Risiken für die praktische Umsetzung des Projektes stellen allerdings die vielfältigen bereits bestehenden Funkzugriffsverfahren dar. Ein wichtiges Ziel von MIMOWA ist es daher, für die derzeit üblichen Systeme (3GPP-LTE, IEEE 802.16 / WiMAX und IEEE 802.11 / WiFi) austauschbare MIMO Technologieblöcke zu entwickeln. Die drei Systeme decken einen sehr großen Anwendungsbereich ab: hohe und geringe Mobilität, hohe und geringe Datenraten sowie große und kleine Funkzellen. Dadurch, dass mehrere Funkzugriffsverfahren mit einbezogen werden, soll ein hoher Grad an Flexibilität und damit an Einsatzmöglichkeiten erreicht werden.



Abb. 2: MIMO-Antennen-Referenz-System (MIMO-Würfel

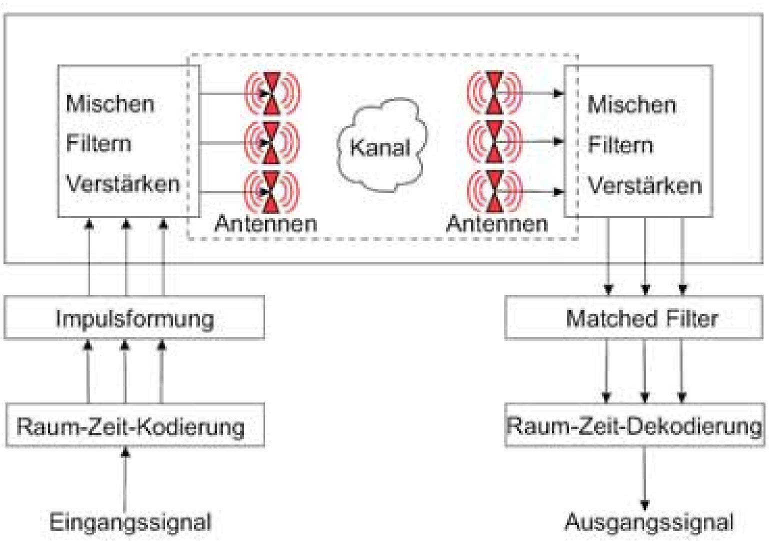


Abb. 1: MIMO Übertragungsstrecke mit 3 Sende- und 3 Empfangsantennen [2]

Multiple Input, Multiple Output

Um gleichzeitig Informationen in traditionellen Kommunikationssystemen übertragen zu können, werden die Daten zeitlich codiert oder auf einen Frequenzbereich aufgeteilt. Das besondere an MIMO ist, dass ergänzend zu Zeit-Multiplex-Verfahren auch eine räumliche Codierung verwendet wird: Der Datenstrom wird mit einem speziellen Verfahren codiert und über die Antennen in unterschiedliche Raumrichtungen abgestrahlt.

Diese Verfahren bezeichnet man als Raum-Zeit-Kodierung (STC space-time-codes). So kann eine Erhöhung der Datenrate erreicht werden, ohne zusätzlich Bandbreite im elektromagnetischen Frequenzspektrum zu belegen. Das ist in der Kommunikationstechnik ein wertvolles, begehrtes Gut – wie die immensen Geldsummen zeigen, die vor einigen Jahren für die UMTS-Lizenzen bezahlt wurden.

MIMO hat weitere Vorteile gegenüber herkömmlichen Systemen. Neben einer Erhöhung der Datenrate bei gleichbleibender Leistung, kann bei gleicher Datenrate die Sendeleistung erheblich verringert werden. Das ist ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung der hochfrequenten Strahlenbelastung von Mensch und Umwelt. Eine reduzierte Sendeleistung bedeutet auch, dass bei gleicher Datenrate die Störanfälligkeit wesentlich geringer ist. Theoretisch kann die Kanalkapazität durch MIMO annähernd proportional zu der Anzahl verwendeter Antennen gesteigert werden. Somit besteht für die Integration von MIMO in kleine, mobile Endgeräte, die Herausforderung darin, möglichst viele Antennen auf kleinstem Raum unterzubringen. Ziel der Forschung ist es, die entscheidenden Faktoren bei der Integration von Multiantennensystemen zu untersuchen und Wege zu finden, diese zu nutzen oder zu vermeiden.

MIMOWA Forschungsprojekt

Die Leistungssteigerung von MIMO-Systemen beruht im Wesentlichen auf der Signalausbreitung über mehrere, von einander unabhängige Kanäle. Ein Maß für diese Abhängigkeit ist die Korrelation – je größer die Korrelation, um so „ähnlicher" sind sich die Signale, die an jeder der Antennen empfangen werden, und umso weniger effektiv lässt sich MIMO anwenden.

Um den Zusammenhang zwischen Abstand, Polarisation und Korrelation bestimmen zu können, wurde ein Referenzsystem in Form eines metallischen Würfels entwickelt, das eine flexible Montage der Antennen auf unterschiedlichen Ebenen erlaubt (vgl. Abb. 2). Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auch bei gleicher Polarisation und geringem Abstand der Antennen zueinander eine vertretbar geringe Korrelation auftritt. Hier kommt ein weiteres Phänomen zum tragen. Antennen, die einen endlichen Abstand zueinander haben, „koppeln" miteinander. Das heißt ein Signal, das von einer Antenne abgestrahlt wird, geht nicht vollständig als elektromagnetische Welle in den freien Raum über, sondern wird zum Teil von den anderen Antennen absorbiert.

Diese Verkopplung verändert die Charakteristik der Antennen unter Umständen ganz enorm. Ungewollt kann dies die Leistungsstärke (Performance) der Antennen verschlechtern. Richtig genutzt, beziehungsweise beeinflusst, können Antenneneigenschaften gezielt verändert werden, um zum Beispiel die Richtcharakteristik zu verbessern. Angewandt wird dieses Prinzip unter anderem in der Radartechnik (Stichwort: Beamforming). Die Leistungsstärke von MIMO-Systemen unter realistischen Bedingungen kann nur mit viel Aufwand messtechnisch ermittelt werden. Deshalb wird ein Simulationsmodell zur Ermittlung der Kanalkapazität verwendet. Es wurde so erweitert, dass Antennenparameter von simulierten oder gemessenen Antennen mit einbezogen werden können. Damit lassen sich verschiedene Antennenkonstellationen direkt miteinander vergleichen.

In Abb. 3 ist die Kanalkapazität eines 2x2 MIMO-Systems – zwei Sende- und Empfangsantennen – für ideale und in Empire XCcel Simulierte Dipol-Antennen in Abhängigkeit vom Abstand dargestellt. Es ist deutlich der Leistungseinbruch bei geringem Abstand zu sehen. Dieser Leistungseinbruch entsteht zum einem durch die hohe Korrelation der Signale und zum anderen durch die Kopplung der Antennen untereinander. Bei einem Abstand von 0,3 – 0,4 λ (3,75 – 5 cm bei 2,4 GHz (z.B. WLAN, Bluetooth)) ist schon fast das Maximum erreicht. Das bedeutet: selbst kleine Antennenarrays, die bei Handys und PDAs nicht zu vermeiden sind, können das volle Potential von MIMO ausschöpfen.

Nur mit einer hochkomplexen, teuren Messeinrichtung können Antennen effektiv und sicher bewertet werden. Das Labor für Hochfrequenztechnik verfügt über einen solchen reflexionsfreien Antennenmessraum mit zugehörigem Messsystem, in dem schnell und präzise 3-dimensionale Antennenmessungen im Bereich 800 MHz – 20 GHz durchgeführt werden können. Die Ergebnisse der neuen Antennen dienen dann entweder dazu, die eigenen Forschungsarbeiten zu verifizieren oder werden als wichtiger Bestandteil des Gesamtprojektes an die Forschungspartner für weitere Anwendungen zur Verfügung gestellt.

Beamforming

Neben dem Einfluss der Antennenkopplung auf das MIMO-System, wird die effektive Ausnutzung und Beeinflussung der Verkopplung durch neue Techniken untersucht, etwa das durch Beeinflussung der Antennen-Kopplungsimpedanzen erzeugte Beamforming (vgl. Abb. 4).

Beamforming ist die gezielte Ausrichtung des Empfangs- oder Sendebereichs der Antennen und kann dann sinnvoll sein, wenn sich der Nutzer mit seinem mobilen Terminal in einer Umgebung mit vielen störenden Elementen befindet. Durch „Orten" der Basisstation können diese Interferenzen ausgeblendet werden.

Die Entwicklung der Antennen erfolgt mit Hilfe von Simulationsprogrammen wie etwa Empire XCcel [5]. Bei komplexen Strukturen können solche Simulationen sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, was vor allem bei Untersuchungen der Beamforming-Eigenschaften von Antennenarrays ein großes Hindernis darstellt. Deshalb wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein Fernfeldsyntheseprogramm entwickelt, das es ermöglicht, in kurzer Zeit das volle Potential solcher Arrays zu ermitteln. Dieses Programm ermittelt mit Hilfe der Abstrahlcharakteristika und Kopplung jeder Antenne

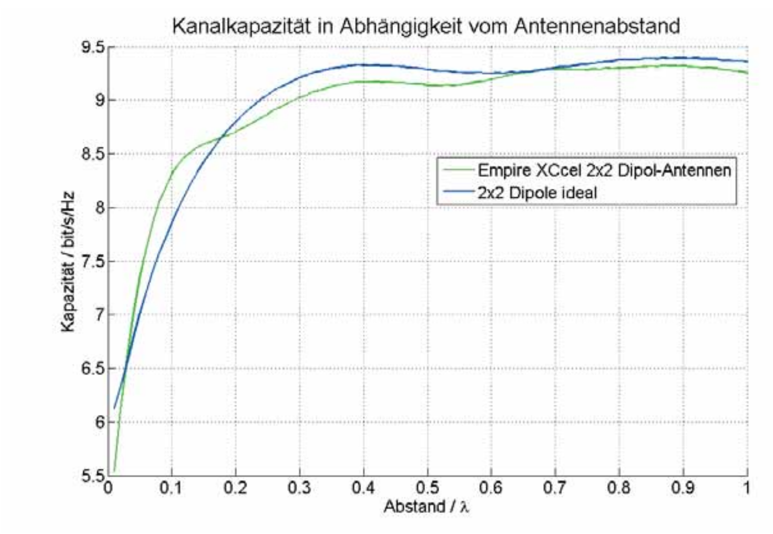


Abb. 3: Kanalkapazität von Dipolantennen in Abhängigkeit vom Abstand zueinander

das gemeinsam resultierende Fernfeld. Dabei kann für jede Antenne die Speisung beziehungsweise die Beschaltung variiert werden.

In Abb. 5 sind drei mögliche Fernfelddiagramme auf einem mobilen Terminal mit vier Antennen zu sehen. Die verschiedenen Richtwirkungen werden durch geeignetes beschalten der einzelnen Antennen des Arrays erreicht. Die Parameter dieser Beschaltung wurden mit Hilfe des Fernfeldsyntheseprogramms ermittelt.

Reicht die für MIMO notwendige Anzahl unabhängiger Kanäle nicht aus, zum Beispiel wenn direkte Sichtverbindung zwischen Basisstation und mobilem Teilnehmer besteht, können andere Techniken wie Antennen-Diversity oder Beamforming angewandt werden.
Antennen-Diversity ist in der Übertragungstechnik ein Verfahren, das mehrere Antennen nutzt, um Interferenzen, die bei der Mehrwegeausbreitung entstehen, zu reduzieren. Hierbei können die Signale entsprechend kombiniert, oder das stärkste Signal ausgewählt werden. Diversity-Techniken kommen bereits in zahlreichen aktuellen Funksystemen zum Einsatz. Künftige Antennentechniken werden im vierten Arbeitspaket untersucht. Hierzu konnte bereits die Spezifikation möglicher neuartiger Techniken vereinbart werden.

Entwicklung von Antennenkonfigurationen
Zurzeit konzentrieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung und das Design spezieller Antennen für die Bereiche 3GPP-LTE (UMTS) sowie WiMAX. Auch hier hat die Spezifizierung der zu implementierenden Elemente bereits begonnen. Aktuell wird versucht, auf Basis der Forschungsergebnisse aus dem ersten, dem zweiten und dem vierten Arbeitspaket, kompakte Antennenkonfigurationen zu entwickeln. Zunächst werden diese mit Hilfe von Computersimulationen entworfen und schließlich als Prototypen in Hardware realisiert. Grundlage für die Entwicklung der Antennen soll eine möglichst realitätsnahe Umgebung sein. Aus diesem Grund entstand ein Modell, das vom Aufbau und seinen Abmessungen her der durchschnittlichen Größe eines PDAs, Handys oder Organizers entspricht. Das Modell sowie ein Beispiel für die Abstrahlcharakteristik der Antennen ist in Abb. 6 dargestellt.

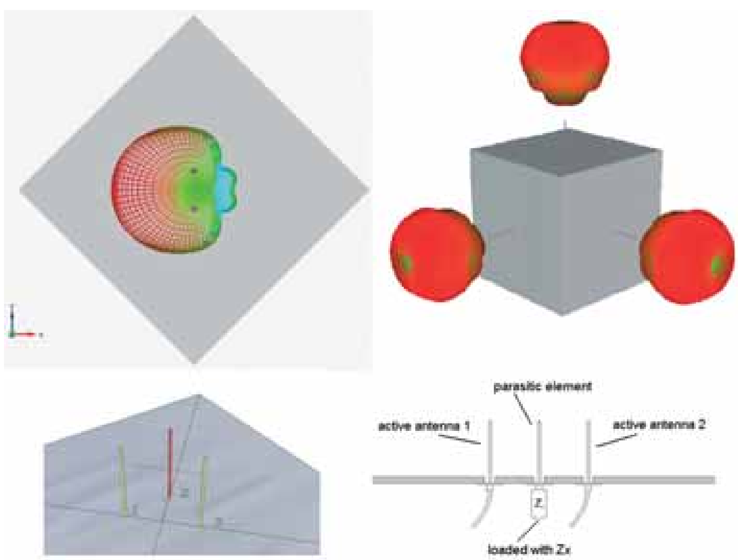


Abb. 4: Beispiel zur Beeinflussung der Abstrahlcharakteristik durch parasitär beschaltete Elemente [3]; Abstrahlcharakteristik dreier Antennen auf unterschiedlichen Würfelebenen (oben rechts)

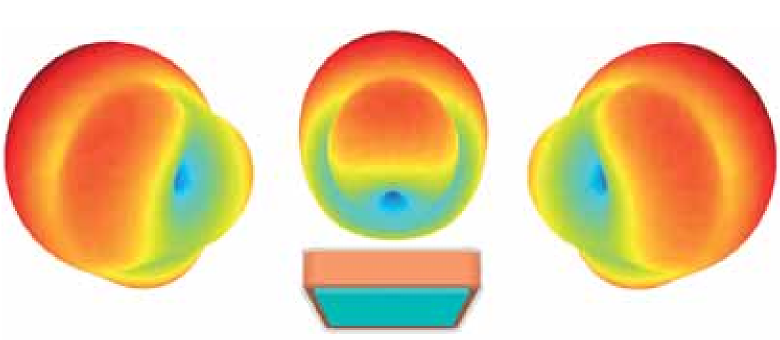
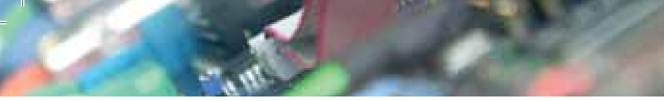


Abb. 5: Beamforming auf einem mobilen Terminal

Im dritten Arbeitspaket folgt schließlich die Umsetzung der Ergebnisse aus Arbeitspaket 2 in Form eines Demonstrators. Nach der Spezifikation der Schnittstellen werden die jeweiligen Einzelergebnisse der Projektpartner zu einem Gesamtsystem zusammengefügt, das dann auf seine Leistungsfähigkeit und Einsatztauglichkeit getestet wird. Mit diesem Arbeitspaket wurde Mitte 2008 gestartet.

Förderung und Partner

Projektförderung
Mit insgesamt 2,5 Millionen Euro fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das EUREKA-Verbundprojekt MIMOWA (Multiple Input Multiple Output Technologies for Wireless Access). Dieses ist thematisch im gemeinsam mit der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg betriebenen Forschungsschwerpunkt NEGSIT (Next Generation Infrastructures) angesiedelt. NEGSIT wurde Anfang 2005 vom Wissenschaftsministerium Nordrhein-Westfalen an der Fachhochschule (FH) Köln genehmigt und hat die Konzeption, Entwicklung, Realisierung und Leistungsbewertung zukunftsweisender Technologien in Kommunikationssystemen zum Ziel. Das Forschungprojekt ist auf den Zeitraum vom 1.1.2007 bis 30.6.2009 angesetzt. Ende 2007 wurde das erste der vier Arbeitspakete erfolgreich abgeschlossen, alle übrigen wurden im Jahr 2008 bearbeitet. Aufgabe der Fachhochschule (FH) Köln ist es hierbei, das Verhalten mehrerer Antennen auf geringem Raum und ihren gegenseitigen Einfluss zu untersuchen.
An MIMOWA sind auf deutscher Seite insgesamt vier Partner beteiligt: Die Alcatel-Lucent Aktiengesellschaft, die Infineon Technologies AG und die AWE Communications GmbH sowie als einzige Hochschule die Fachhochschule Köln - das Labor für Hochfrequenztechnik am Institut für Nachrichtentechnik der Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik (F07) unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Rainer Kronberger. Die deutsche Projektleitung liegt bei der Alcatel-Lucent AG. Zudem wirken zahlreiche Firmen aus ganz Europa wie Agilent (Belgien), ST Microelectronics (Belgien und Türkei), OMP (Belgien), Runcom (Israel), Promax (Spanien) und Telefonica (Spanien) sowie



Abstract

Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit drahtloser Übertragungssysteme sind in den letzten Jahren dramatisch gestiegen. Bereits in der Vergangenheit haben die Internet- und Mobilfunkzuwachsraten alle Prognosen übertroffen. Und auch künftig wird die Zahl mobiler Endteilnehmer weltweit erheblich zunehmen. Die Nachfrage nach multimedialen Diensten wie Telefonie, Fernsehen, Internet oder Videoüberwachung wächst. Ebenso nehmen die Ansprüche an Qualitätssicherung der Dienste, an breiter Netzabdeckung, an Robustheit und Sicherheit zu. Die damit verbundene Menge der zu übertragenden Daten ist mit der heutigen Technik nicht mehr zu bewältigen. Deshalb werden neue Übertragungsverfahren entwickelt – und deren Leistungsfähigkeit getestet.

Projektleitung

Prof. Dr. Rainer Kronberger
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Nachrichtentechnik
Labor für Hochfrequenztechnik
rainer.kronberger@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl-Ing. Volker Wienstroer
Dipl-Ing. Tobias Michalski
Dipl-Ing. Alexander Geissler
Dipl-Ing. Andreas Fabrizius

Projektpartner

Alcatel-Lucent (Deutschland)
Agilent Technologies (Belgien)
AWE Communications GmbH (Deutschland)
Forschungsinstitut CTTC (Spanien)
Infineon Technologies AG (Deutschland)
OMP (Belgien)
Runcom (Israel)
Promax (Spanien)
ST Microelectronics (Belgien und Türkei)
Telefonica (Spanien)

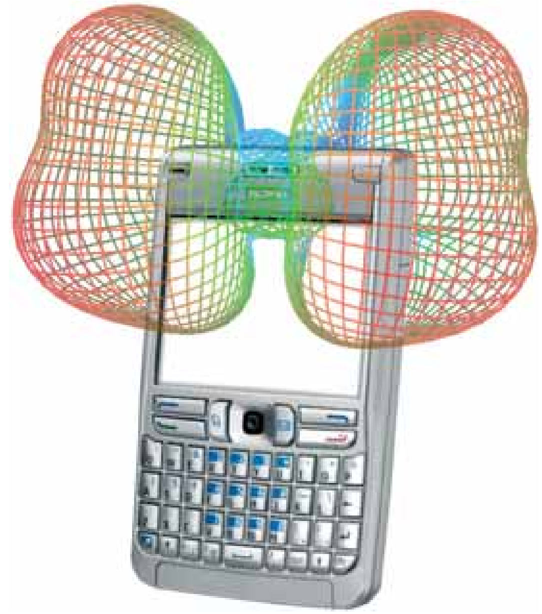


Abb. 6: Modell mit zwei unterschiedlichen Abstrahlcharakteristika

das Forschungsinstitut CTTC aus Spanien an MIMOWA mit. Damit ist die gesamte Wertschöpfungskette an diesem europäischen Forschungsprojekt beteiligt, von den Infrastrukturherstellern, über die Halbleiter-Chip-Hersteller und die Antennenhersteller bis hin zu den Netzbetreibern und Forschungsinstituten. Der Schwerpunkt der Forschung an der Fachhochschule Köln liegt hierbei auf der Entwicklung neuer Konzepte für kleine und integrierte Antennensysteme in mobilen Endgeräten, wie beispielsweise Handys, Organizer, PDA etc.

Rainer Kronberger

Quellen

[1] Fraunhofer HHI/MCI „Siemens AG and IAF GmbH demonstrate 1 Gbit/s mobile data transmission in real time", Pressemitteilung 2004
[2] www.negsit.de
[3] Christian Waldschmidt „Systemtheoretische und experimentelle Charakterisierung integrierbarer Antennenarrays", Universität Karlsruhe, 2004
[4] Javier Rodrigues „Geometrical study of antennas for MIMO systems", Fachhochschule Köln, 2007
[5] EMPIRE XCcel, Version 5.1, IMST GmbH, Kamp-Lintfort

Ermittlung der Spiegelschallquellenpositionen aus den messtechnisch bestimmten Eigenschaften eines Raumes

Raumsimulationssysteme stellen seit geraumer Zeit ein wichtiges Hilfsmittel für die akustische Planung von Räumen sowie bei der Anpassung der akustischen Eigenschaften bereits bestehender Räume dar [1]. Die meisten kommerziell verfügbaren Raumsimulationssysteme berechnen auf Grundlage der geometrischen Akustik verschiedene raumakustische Eigenschaften. Diese Verfahren weisen jedoch eine Reihe von Ungenauigkeiten und Simulationsfehlern auf oder sind nur in Teilbereichen aussagekräftig [2]. Für die Optimierung der Raumakustik ist es entweder alternativ oder ergänzend sinnvoll, Verfahren zur messtechnischen Erfassung der akustischen Eigenschaften einzusetzen. Im besten Fall erfordern diese Verfahren keine Konstruktion eines geometrischen Rechnermodells und werden nicht von den obengenannten Ungenauigkeiten beeinflusst.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts ASAR wird zusammen mit den Partnern Deutsche Telekom Laboratories (Berlin), technische Universität (TU) Berlin und dem Westdeutschen Rundfunk (WDR Köln) ein System entwickelt, das auf eine messtechnische Erfassung der akustischen Eigenschaften eines Raumes ausgelegt ist. Das System soll dazu verwendet werden, die Rückwürfe des Schalls von den Wänden zu identifizieren und zu klassifizieren. Im folgenden werden die Vorgehensweise zur Bestimmung der Spiegelschallquellen erläutert sowie die Ergebnisse von realen Messungen vorgestellt und bewertet. Es wird gezeigt, in welchen Bereichen gute Übereinstimmungen zwischen dem messtechnisch bestimmten Schallfeld und den Ergebnissen einer Simulation bestehen.

Grundidee des Verfahrens

Die Wellenfeldanalyse stellt das Pendant zur Wellenfeldsynthese dar, bei der durch eine Umkehrung des Huygen'schen Prinzips die Verfahren der Wellenfeldsynthese verwendet werden [3]. Über die Erfassung des Schalldrucks auf einer geschlossenen Oberfläche kann das Schallfeld im gesamten (quellenfreien) Außenbereich berechnet werden.

Die in der Praxis eingesetzten Verfahren erfassen den Schalldruck mit Hilfe von Mikrofonarrays. Unter der Randbedingung, dass die Abstände zwischen den Mikrofonen klein gegenüber der Wellenlänge des Schalls sind, ist eine Ermittlung des Schallfeldes aus den mit Hilfe von Mikrofonarrays gemessenen Daten möglich.

Im Rahmen des hier vorgestellten Verfahrens wird ein messtechnischer Ansatz zur Ermittlung der Raumakustik verfolgt. Unter Anwendung der Wellenfeldanalyse wird das Schallfeld eines bestehenden Raumes analysiert und daraus werden die Eintreffrichtungen und Eintreffzeitpunkte des Schalls beliebiger punktförmiger Quellen beim Empfänger ermittelt [4]. Im Rahmen dieses Vorhabens stellen die unterschiedlichen Quellen den Direktschall sowie die als Spiegelschallquellen auftretenden Rückwürfe dar. Mittels dieser Analyse der Raumakustik ist es möglich – genau wie bei der geometrischen Simulation – sowohl Eintreffzeitpunkte als auch die Eintreffrichtungen des Direktschalls und der Rückwürfe zu bestimmen.

Erfassung des Schallfeldes des Raumes

Von einem Lautsprecher wird an einer Position im Raum ein breitbandiges Anregungssignal abgestrahlt. Der sich im Raum ausbreitende Schall wird an den Begrenzungsflächen reflektiert und erreicht auf unterschiedlichen Ausbreitungswegen die Mikrofone, die an verschiedenen Positionen im Raum platziert sind beziehungsweise nacheinander an verschiedene Positionen bewegt werden. Zwischen dem Anregungssignal und den an unterschiedlichen Orten aufgenommenen Mikrofonsignalen werden in einem ersten Berechnungsschritt die Impulsantworten berechnet.

Mit Hilfe eines auf einer Kreisbahn drehbaren Mikrofonarrays wird das Schallfeld auf einer Zylinderoberfläche erfasst (s. Abb. 2). Kreisförmige Arrays zur Wellenfeldanalyse wurden bereits systematisch untersucht [4].

Berechnung richtungsabhängiger Raumimpulsantworten

Aus der Überlagerung der Impulsantworten für die einzelnen Mikrofonpositionen kann das Schallfeld nach der Methode der Wellenfeldanalyse oder mit Hilfe von Beamforming in dem gesamten Raum berechnet werden [4].Es lassen sich hierzu Verfahren einsetzen, die im Zeit- oder auch im Frequenzbereich arbeiten. Im folgenden wird hierzu ein Ansatz im Zeitbereich gewählt und die an den Mikrofonen eintreffenden Signale nach dem Prinzip des Beamforming auf eine beliebige Position im Raum zurückgerechnet. Für die Berechnung werden Punkte

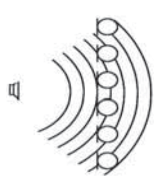


Abb. 1: Grundprinzip der Wellenfeldanalyse: Das Schallfeld (hier punktförmige Schallquelle) wird mit Hilfe eines Mikrofonarrays abgetastet. In dem hier dargestellten Fall sind alle Mikrofone auf einer Linie angeordnet.

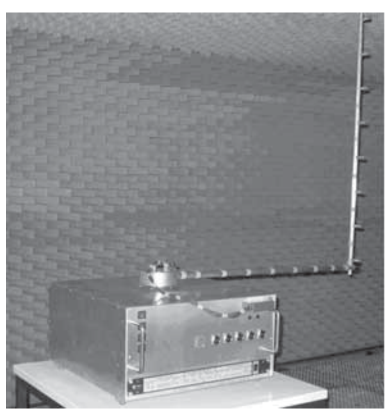
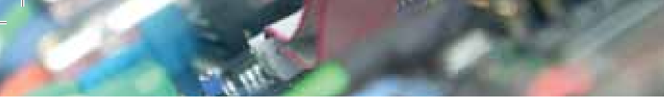


Abb. 2: Messsystem eines beweglichen Mikrofonarrays. Die Abtastung erfolgt auf einer Kreisbahn mit einem Radius von 0.87 m.



auf den von dem Mittelpunkt des Arrays in unterschiedliche Richtungen ausgehende Strahlen betrachtet. Jeder Strahl kennzeichnet somit den in Abhängigkeit von der Zeit im Mittelpunkt des Arrays eintreffenden Schall einer Richtung. Jeder Strahl bildet eine richtungsabhängige Impulsantwort des Raumes.

Aus dieser richtungsabhängigen Impulsantwort kann das Schallfeld an den Positionen, die auf vom Mittelpunkt des Arrays ausgehenden Strahlen liegen, berechnet werden. Wie in Abb. 3 dargestellt, beschreibt jeder Strahl eine solche Impulsantwort des Raumes. Im Schallfeld eines Raumes kann ein Rückwurf des Schalls von einer Wand durch eine Spiegelschallquelle abgebildet werden. Betrachtet man die berechneten richtungsabhängigen Raumimpulsantworten, sind sowohl die Positionen des Direktschalls als auch die der frühesten Spiegelschallquellen in den richtungsabhängigen Impulsantworten als Maxima des Betrags zu erkennen.

Berechnung der Spiegelschallquellen

Aus den sich ergebenden Betragsmaxima werden in einem nächsten Schritt durch geeignete Auswertealgorithmen Positionen und Amplituden der Direktschallquellen und der Rückwürfe ermittelt. In dem derzeit realisierten Verfahren wird die folgende Vorgehensweise gewählt. Gemäß Abb. 4 wird eine Unterteilung der richtungsabhängigen Impulsantwort in Sektoren vorgenommen, die verschiedene Zeitbereiche der Impulsantwort und unterschiedliche Winkelbereiche kennzeichnen. Für jeden dieser Sektoren werden in einem ersten Schritt der Betrag, der Winkel und die Richtung des Betragsmaximalwerts bestimmt.

Aus dieser Liste mit potentiellen Spiegelschallquellen werden in einem nächsten Verarbeitungsschritt die relevanten Spiegelschallquellen ermittelt. Hierzu werden die ermittelten Maximalwerte der einzelnen Sektoren mit den Werten der benachbarten Sektoren verglichen. Als Rückwürfe werden nur solche Maxima identifiziert, deren Pegel nicht gravierend kleiner als der der umgebenden Maxima ist. Die Schwellwerte, die für diese Identifikation verwendet werden, werden aus den Ergebnissen von Verdeckungsexperimenten abgeleitet. Beispielhaft sind die Ergebnisse einer solchen Berechnung in den Abb.en 5 und 6 dargestellt. Die gefundenen Rückwürfe wurden hinsichtlich ihres Pegels und Eintreffzeitpunkts analysiert und mit einem Raumsimulationssystem verglichen. Dabei ergaben sich für die frühen Rückwürfe gute Übereinstimmungen. Für die Rückwürfe oberhalb von ca. 200 ms finden sich jedoch Fehlidentifikationen. Aktuelle Arbeiten konzentrieren sich auf eine Optimierung der Algorithmen zu Identifikation der Spiegelschallquellen basierend auf perzeptiven Modellen. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise findet sich auch in [5-7]

Hilfsmittel zur akustischen Planung bestehender Räume

Grundsätzlich ermöglicht das Verfahren eine Unterstützung bei der raumakustischen Auslegung eines bestehenden Raumes. Es kann ergänzend zu „klassischen" Raumsimulationsverfahren eingesetzt werden. Es erfasst geometrische und diffuse Reflexionen automatisch korrekt. Die bei „klassischen" Raumsimulationen oft nur sehr grobe Einteilung in diffuse und geometrische Reflexionen erfolgt durch das Messverfahren automatisiert und kann etwa in Form der Ausdehnung der Spiegelschallquellen berücksichtigt werden.

Hörbarmachung und Modifikation der Messergebnisse

Die mit dem Verfahren gewonnen Messergebnisse können zusätzlich für die Hörbarmachung eines Raumes mit Hilfe einer virtuellen Umgebung genutzt werden. Durch die Abtastung des Schallfeldes auf einer zylindrischen Oberfläche mit einer hohen Anzahl von Mikrofonen kann das Schallfeld in einem bestimmten Bereich um den Empfänger komplett berechnet werden. Dadurch ist eine Umsetzung der Messdaten für ein beliebiges kopfhörer- oder lautsprecherbasiertes Wiedergabesystem möglich.

Weiterhin ist es bei dem hier vorgestellten Verfahren problemlos möglich, geeignete Rückwürfe hinzuzufügen oder zu eliminieren und damit die Wiedergabe zu beeinflussen. Auf Basis der gewonnenen Messdaten wird ein „Hineinhören" in einen zielgerichtet akustisch modifizierten Raum möglich, wodurch die raumakustische Anpassung in ihrer Planungsphase deutlich vereinfacht werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Das vorgestellte Verfahren ermöglicht die messtechnische Erfassung der akustischen Eigenschaften von Räumen und die Bestimmung der zugehörigen Spiegelschallquellen eines Raumes. In einem weiteren Schritt wird angestrebt, dass eine

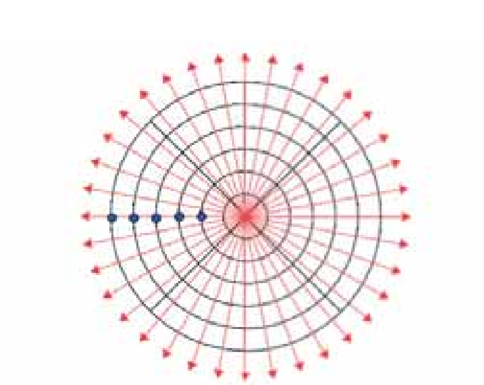


Abb. 3: Mit Hilfe der Wellenfeldanalyse berechnete Positionen. Diese liegen auf vom Mittelpunkt des Arrays ausgehenden Strahlen.

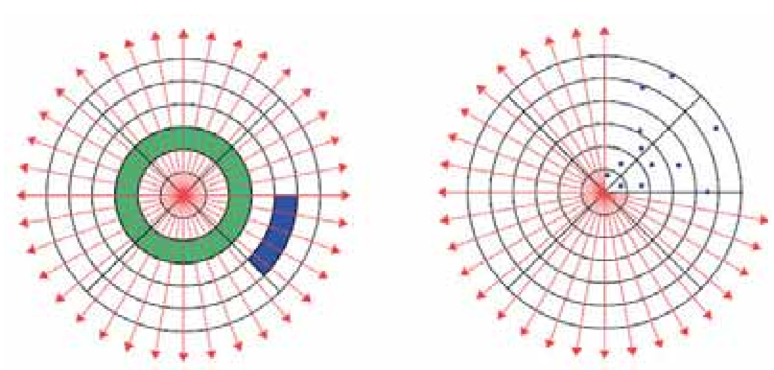


Abb. 4: Links: Unterteilung der richtungsabhängigen Impulsantwort in Sektoren. In der Abb. nicht dargestellt ist die Einteilung in verschiedene Elevationswinkel.
Rechts: In jedem der Sektoren werden die Richtung und der Zeitpunkt des Betragsmaximalwerts bestimmt.

Person virtuell in den vermessenen Raum hineinversetzt werden kann, und dass sogar gezielt Veränderungen an den akustischen Raumeigenschaften hörbar gemacht werden können.

Christoph Pörschmann

Literatur

[1] Krokstad, A., Strøm, S., Sørsdal, S. (1968). „Calculating the Acoustical Room Response by the use of a Ray-tracing Technique," J. Sound Vib. 8, pp. 118-125.

[2] Bork, I. (2002). „Bericht vom 3. Ringvergleich zur Raumakustischen Simulation," in: Fortschritte der Akustik – DAGA 2002, DEGA e.V., D – Oldenburg.

[3] Berkhout, A.J., Vries, D. d., Sonke, J.J., (1997). „Array Technologies for Acoustic Wave Field Analysis in Enclosures," J. Acoust. Soc. Am., 93, pp. 2757-2770.

[4] Vries, D. d., Boone, M. (1999). „Wave Field Synthesis and Analysis using Array Technology," in: Proc. IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, New Paltz, New York.

[5] Pörschmann, C. (2007). „Messtechnische Analyse der richtungsabhängigen Eigenschaften eines Raumes", In: Fortschritte der Akustik – DAGA 2007, DEGA e.V., D – Oldenburg, pp. 881-882.

[6] Pörschmann, C. (2008). Ermittlung der Spiegelschallquellenpositionen aus den messtechnisch bestimmten Eigenschaften eines Raumes, in: Fortschritte der Akustik – DAGA 2008, DEGA e.V., D – Oldenburg, pp. 147-148.

[7] Stichler, I. (2007). „Untersuchungen zur Bestimmung der Spiegelschallquellen aus der richtungsabhängigen Impulsantwort," in: Fortschritte der Akustik – DAGA 2007, DEGA e.V., D – Oldenburg, pp. 891-892.

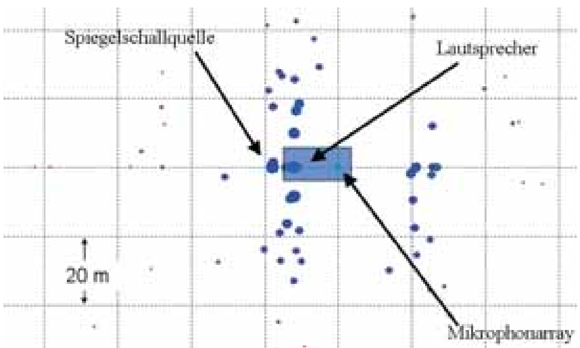


Abb. 5: Berechnete Positionen der Spiegelschallquellen eines nahezu rechteckigen Raumes (Seminarraum FH Köln) projiziert auf die Horizontalebene. Die Abmessungen des Raumes sind in grau dargestellt. Die Durchmesser der Spiegelschallquellen sind proportional zu ihrer Amplitude

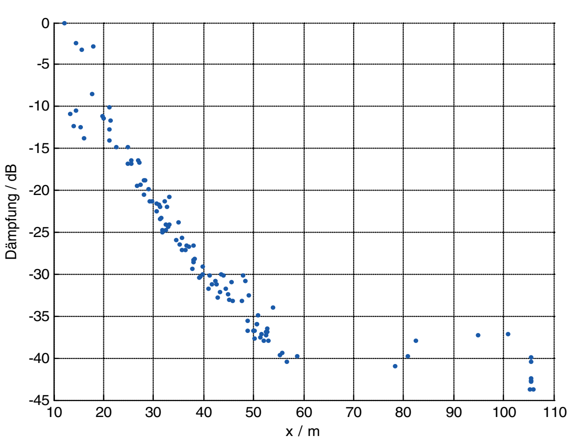


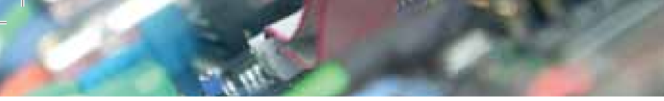
Abb. 6: Darstellung der Dämpfung der Rückwürfe über dem Weg (Seminarraum FH Köln)

Abstract

Bei der akustischen Planung von Räumen spielen Raumsimulationssysteme eine zunehmend wichtige Rolle. Immer häufiger werden sie bei Neuplanungen oder auch der Anpassung schon vorhandener Räume dabei als Hilfsmittel eingesetzt. Die meisten der bislang kommerziell verfügbaren Systeme sind jedoch oft ungenau oder sind nur in Teilbereichen aussagefähig. Um eine bessere Raumakustik zu erhalten, gilt es, Alternativen zu finden – etwa ein Verfahren einzusetzen, das auf eine messtechnische Erfassung der akustischen Eigenschaften eines Raumes ausgelegt ist. So können auch die zugehörigen Spiegelschallquellen eines Raumes bestimmt werden.

Projektleitung

Prof. Dr. Christoph Pörschmann
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Nachrichtentechnik
christoph.poerschmann@fh-koeln.de



Untersuchungen zu arbeitsplatzbezogenen Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen

Durch die Einhaltung von Grenzwerten maximal zulässiger Bestrahlung (MZB-Werte) beim Einsatz optischer Strahlungsquellen werden Sicherheit und Gesundheit von Personen gewährleistet. Es ist damit sichergestellt, dass sowohl Beschäftigte/Arbeitnehmer als auch die Allgemeinbevölkerung vor allen bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen durch optische Strahlung geschützt sind. Insbesondere werden photothermische und photochemische Schädigungen an Auge und Haut vermieden. Die entsprechenden Expositionsgrenzwerte finden sich in Richtlinien der Internationalen Strahlenschutzkommission ICNIRP für inkohärente optische Strahlung und für Laserstrahlung [1 – 4]. Die entsprechenden Werte wurden im Wesentlichen auch in die neue EU-Richtlinie 2006/25/EG »Künstliche optische Strahlung« [5] als Expositionsgrenzwerte (EGW) aufgenommen, und es ist davon auszugehen, dass sie sich auch bei der nationalen Umsetzung in einer Rechtsvorschrift wieder finden werden.

In dieser Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates ist auch die Forderung enthalten, dass der Arbeitgeber/Unternehmer bei der Gefährdungsermittlung Sekundäreffekte, wie vorübergehende Blendung, zu berücksichtigen hat. Bei sicherheitsrelevanten Tätigkeiten, wie z. B. beim Führen eines Fahrzeuges oder beim Bedienen einer Maschine kann durch Blendung aus künstlichen Lichtquellen unter Umständen ein erhebliches Gefährdungspotenzial am Arbeitsplatz entstehen. Um die Datenlage hinsichtlich der Beeinträchtigungen des Sehvermögens durch Blendung sowie von Farbverfälschungen, insbesondere durch neue optische Quellen, wie z. B. Laser und LED, die zunehmend mehr Anwendung im beruflichen und privaten Bereich finden, zu verbessern, wurden verschiedene Untersuchungen insbesondere zu arbeitsplatzbezogenen Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, durchgeführt.
Blendung spielte in den arbeitsschutzrelevanten Regelungen bislang praktisch noch keine Rolle. Aufgrund der in vorangegangenen Forschungsprojekten gewonnenen Erkenntnisse aus Untersuchungen zu Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlussreflexes [6, 7] wurden auch erste Hinweise in Vorschriften und Normen zur Blendung durch Laserstrahlung aufgenommen. So wird in der Durchführungsanweisung zur Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung" [8] bei der Definition von Lasereinrichtungen der Klasse 1 darauf hingewiesen, „dass im oberen Leistungsbereich z. B. Blendung, Beeinträchtigung des Farbsehens und Belästigungen nicht ausgeschlossen werden können". Außerdem wird unter dem Stichwort schädliche Wirkungen durch sichtbare und infrarote Strahlung auf das Auge in der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 5006 [9] auch auf Blendung eingegangen, und zwar mit der Aussage „Die Blendung ist zwar keine direkte Schädigung des Auges, sie kann jedoch das Sehen und Erkennen beeinträchtigen und damit Folgeschäden (z. B. Unfälle im Straßenverkehr) hervorrufen."

In der 2. Ausgabe der IEC 60825-1 [10], deren deutsche Fassung 2008 erschienen ist [11], wird ebenfalls dem neuen wissenschaftlichen Erkenntnisstand Rechnung getragen und unter der Beschreibung der Laserklassen bei Klasse 1 heißt es nunmehr „Lasereinrichtungen der Klasse 1, die sichtbare Strahlungsenergie aussenden, können trotzdem irritierende optische Wirkungen erzeugen, besonders bei niedriger Umfeldhelligkeit." und entsprechend bei Klasse 1M „Der direkte Blick in den Strahl von Lasereinrichtungen der Klasse 1M, die sichtbare Strahlungsenergie aussenden, kann trotzdem irritierende optische Wirkungen erzeugen, besonders bei niedriger Umfeldhelligkeit." Noch deutlich klarer sind die Formulierungen zu den Laserklassen 2 und 2M in der neuen Lasersicherheitsnorm. Aufgenommen wurde für diese beiden Laserklassen: „Es können jedoch durch den Strahl einer Lasereinrichtung der Klasse 2 (2M) Irritationen, Blitzblindheit und Nachbilder entstehen, besonders bei

Blendeindruck bei einem bewegten Linienlaser
Nachbildgröße als Funktion der Zeitdauer nach einer Blendung
Orts-, Expositionsdauer- und Strahlleistungsabhängigkeit der Nachbilddauer bei Blendung durch Laserstrahlung
Untersuchungen zum Verlauf der Nachbildfarben:
Nachbildfarbverlauf bei Blendung durch farbige HB-LEDs durch Beobachtung in einem dunklen Raum
Bestimmung des Verlaufes der Nachbildfarben für eine Blendung mit HB-LEDs mittels einer Messung an einem Farbkreis
Untersuchungen zur Sehschärfe nach einer Blendung:
Sehschärfe nach Blendung mit einer weißen HB-LED
Sehschärfe nach Blendung mit einer grünen HB-LED
Lesefähigkeit als Sehschärfekriterium nach Blendung mit einer weißen HB-LED
Farberkennbarkeit und Kontrastempfindlichkeit:
Farbunterscheidungsfähigkeit nach Blendung mit farbigen LEDs
Verschiebung der Rot/Grünwahrnehmung nach Blendung mit farbigen LEDs
Farb- und Kontrastsehen nach Blendung durch farbige LEDs

Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Untersuchungen

niedriger Umfeldhelligkeit. Dies kann allgemeine indirekte Folgen für die Sicherheit haben, die von zeitweiliger Störung des Sehens und von Blendungsreaktionen herrühren. Diese Sehstörungen könnten bei sicherheitsrelevanten Tätigkeiten zu besonderer Sorge Anlass geben, wie beim Arbeiten mit Maschinen oder in großer Höhe, mit Hochspannung oder beim Fahren". Darüber hinaus findet sich diese Formulierung auch für Laser der Klasse 3R im sichtbaren Wellenlängenbereich.

Insgesamt ist dies ein eindeutiger Beweis dafür, dass sich neuerdings Fragen zur Sicherheit und Gefährdung durch optische Strahlung in der Normung nicht nur mit der Möglichkeit direkter Schädigung befassen, sondern auch indirekte Effekte angesprochen werden. Allerdings sind alle die genannten Aussagen nur qualitativer Art und es fehlen Angaben zum jeweils möglichen Ausmaß, die für eine Risikobewertung aber erforderlich sind.

Die Festlegung von Richtwerten, also von Werten die eine Empfehlung beinhalten, und zwar mit einem gewissen Nachdruck, d. h. die eingehalten werden sollen, oder gar von Grenzwerten, die unbedingt eingehalten werden müssen, stellt für Blendung noch Neuland dar.

Untersuchungsmethode	Lichtquelle	Parameter
Blendeindruck bei einem bewegten Linienlaser	Nd:Vanadat-Laser	532 nm, 0,8 mW
Nachbildgröße als Funktion der Zeitdauer nach einer Blendung	Weißlicht-LED	2,49 mW, 11 cm, 1 s
Orts-, Expositionsdauer- und Strahlleistungsabhängigkeit der Nachbilddauer bei Blendung durch Laserstrahlung	He:Ne-Laser, 632,8 nm	max. 30 µW, 1 s – 10 s
Nachbildfarbverlauf bei Blendung durch farbige HB-LEDs durch Beobachtung in einem dunklen Raum	6 HB-LEDs	10 s, 10 cm
Bestimmung des Verlaufes der Nachbildfarben für eine Blendung mit HB-LEDs mittels einer Messung an einem Farbkreis	625 nm, 590 nm, 530 nm, 455 nm	0,5 mW, 2 mW, 5 s
Sehschärfe nach Blendung mit einer weißen HB-LED	Weißlicht-LED	2,49 mW, 11 cm, 1 s
Sehschärfe nach Blendung mit einer grünen HB-LED	HB-LED	0,12 mW –1,5 mW, 1s – 8 s
Lesefähigkeit als Sehschärfekriterium nach Blendung mit einer weißen HB-LED	HB-LED	4,5 µW - 3,96 mW, 1s – 20 s
Farbunterscheidungsfähigkeit nach Blendung mit farbigen LEDs und Verschiebung der Rot-/Grünwahrnehmung	638 nm, 593 nm, 520 nm, 455 nm	0,5 mW, 1,25 s - 5 s
Farb- und Kontrastsehen nach Blendung durch farbige LEDs	638 nm, 593 nm, 520 nm, 455 nm	4 mW, 5 s

Tabelle 2: Merkmale und Parameter der verschiedenen Teiluntersuchungen

Durchgeführte Untersuchungen zur Blendung – im Überblick

Allgemeines

Erst die quantitative Bestimmung der Art und der Dauer eines Nachbildes sowie der mit einer Blendung verbundenen Effekte, wie die Beeinträchtigung des Farbsehvermögens und der Sehschärfe als Funktion von Expositionsdauer, Art der blendenden Quelle, Wellenlänge bzw. Wellenlängenbereich liefert die erforderlichen Erkenntnisse für eine Gefährdungsanalyse und stellt die entsprechenden Grundlagen dar, um belastbare Aussagen z. B. zur Erkennbarkeit von Farben und Kontrasten, Zeichen und Strukturen machen bzw. Empfehlungen und Handlungsanweisungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit geben zu können.
Bei den durchgeführten Untersuchungen zur Blendung wurde davon ausgegangen, dass das Ausmaß und die Dauer von Nachbildern sowie die mit einer Blendung verbundene Beeinträchtigung des Farbsehvermögens sowie der Kontrastempfindlichkeit die entscheidenden Größen darstellen, während die Bestimmung der Sehschärfe nicht im gleichen Maße von Bedeutung ist: Da aber gerade Sehtests zu den Standardmessverfahren von Augenärzten und Optikern gehören, wurden sie auch in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen.

Hier wurde das Hauptaugenmerk auf den sich über das eigentliche Ereignis der Blendung hinaus erstreckenden Zeitraum gelegt, da die Auswirkungen einer Blendung auch dann noch anhalten, wenn gar kein Blick mehr in die Blendlichtquelle vorliegt.
Die dabei möglichen Situationen und die damit verbundenen grundlegenden Zusammenhänge, die zu physiologischer oder psychologischer Blendung führen können, wurden in einem vorangegangenen Bericht bereits dargestellt [12].

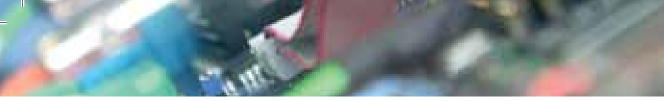
Die durch Blendung entstehenden Nachbilder haben insbesondere Auswirkungen auf

- das Farbsehen, da sich das Nachbild in seiner Farbe zeitdynamisch verändert, was dazu führt, dass bestimmte Farben nicht richtig wahrgenommen werden können

und auf

- die Sehschärfe, insbesondere bei geringeren Kontrastwerten.

Da es sich zum Teil um sehr zeitaufwendige Untersuchungen handelte, bei denen ausreichend lange Readaptationszeiten zu berücksichtigen waren, mussten gezielt einzelne Probandengruppen zusammengestellt und im Labor in geeigneten Versuchen getestet werden. Für Feldversuche eignen sich Untersuchungen zur Blendung dagegen nur sehr bedingt.



Übersicht der durchgeführten Untersuchungen und Probandenzahlen

In Tabelle 1 finden sich detaillierte Angaben zu den durchgeführten Untersuchungen zum Verlauf der Nachbildfarben, zur Sehschärfe sowie zur Farberkennbarkeit und Kontrastempfindlichkeit, während in Tabelle 2 die wesentlichen Merkmale und Parameter, wie eingesetzte Blendlichtquelle, Wellenlänge, Leistung, Expositionsdauer und Abstand zur Blendlichtquelle, der verschiedenen Teiluntersuchungen aufgelistet sind.

Insgesamt wurden über einen Zeitraum von etwa 2 Jahren 191 Probanden in 1.736 Einzeltests untersucht, die sich gemäß Tabelle 3 auf die verschiedenen Untersuchungen mit unterschiedlichen Teilaspekten aufteilen.

Da eine Blendungsuntersuchung allein aufgrund der notwendigen relativ langen Zeitdauer von mindestens 30 Minuten zwischen zwei aufeinander folgenden Expositionen zu insgesamt sehr zeitaufwändigen Versuchen führt, konnte in der überwiegenden Zahl der Teiluntersuchungen nur eine kleine Zahl an Probanden getestet werden. Aufgrund dieser Tatsache können sich statistische Aussagen in vielen Fällen auch nur auf relativ kleine Fallzahlen abstützen. Andererseits wurde großer Wert darauf gelegt, dass die aus der Literatur zur Physiologie der Blendung sehr häufig anzutreffenden Fallzahlen von 3 oder nur 2 Versuchspersonen nach Möglichkeit übertroffen wurden, um interindividuelle Unterschiede entweder soweit wie möglich ausschließen oder aber auch deutlich herausarbeiten zu können.

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden sowohl Laser als auch LEDs als Blendlichtquellen eingesetzt. Dabei erfolgte die Zuordnung beider Lichtquellentypen gemäß der zu Zeitpunkt der Untersuchungen geltenden Normung, d. h. nach der DIN EN 60825-1 [13].
Hierbei muss aber angemerkt werden, dass gerade für LEDs zukünftig eine Neubewertung zu erfolgen hat, da diese Lichtquellen seit der 2. Ausgabe der internationalen Lasersicherheitsnorm [10] nicht mehr in dieser, sondern in der für Lampen und Lampensysteme geltenden Norm IEC 62471 behandelt werden [14].

Diese internationale Lampennorm stellt eine Anleitung für die Untersuchung der photobiologischen Sicherheit von Lampen und Lampensystemen, einschließlich Leuchten, zur Verfügung. Im Speziellen werden Grenzwerte für die Bestrahlung, Referenzmessverfahren und ein Klassifizierungsschema für die Untersuchung und den Schutz bezüglich photobiologischer Gefahren von allen elektrisch betriebenen inkohärenten optischen Breitbandstrahlungsquellen (LEDs eingeschlossen) im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 3 000 nm, spezifiziert. Die Tatsache, dass zunächst auch Grenzwerte für Bestrahlungen im Normentwurf enthalten waren, hat dazu geführt, dass diese Norm in Europa nur nach so genannten „Gemeinsamen Abänderungen", wonach alle Expositionsgrenzwerte nur noch informativ in einem Anhang vorkommen dürfen, veröffentlicht werden konnte [15].
Wesentlich für die Bewertung von LEDs ist jetzt, dass diese nicht mehr Laserklassen zugeordnet werden, sondern so genannten Risikogruppen.

Detailliertere Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Aus Gründen des begrenzten Umfanges dieses Beitrages wird zum einen auf den inzwischen erschienenen Abschlussbericht verwiesen [16], zum anderen aber auch erwogen, die einzelnen Untersuchungsergebnisse und deren beabsichtigte Umsetzung in einem Teil III in dieser Reihe zu veröffentlichen.

Hans-D. Reidenbach

Untersuchungsmethode	Zahl der Probanden	Zahl der Einzeltests
Blendeindruck bei einem bewegten Linienlaser	89	89
Nachbildgröße als Funktion der Zeitdauer nach einer Blendung	13	23
Orts-, Expositionsdauer- und Strahlleistungsabhängigkeit der Nachbilddauer bei Blendung durch Laserstrahlung	12	712
Nachbildfarbverlauf bei Blendung durch farbige HB-LEDs durch Beobachtung in einem dunklen Raum	4	21
Bestimmung des Verlaufes der Nachbildfarben für eine Blendung mit HB-LEDs mittels einer Messung an einem Farbkreis	4	4
	5	198
Sehschärfe nach Blendung mit einer weißen HB-LED	3	3
Sehschärfe nach Blendung mit einer grünen HB-LED	3	48
Lesefähigkeit als Sehschärfekriterium nach Blendung mit einer weißen HB-LED	7	249
Farbunterscheidungsfähigkeit nach Blendung mit farbigen LEDs	7	118
Verschiebung der Rot/Grünwahrnehmung	1	23
Farb- und Kontrastsehen nach Blendung durch farbige LEDs	3	168
	40	80

Tabelle 3: Anzahl der Versuchspersonen in den einzelnen Teiluntersuchungen

Literatur

[1] ICNIRP: Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 µm); Health Physics 73 (1997), 539 – 553.

[2] ICNIRP: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation); Health Physics 87 (2004) 171 – 186.

[3] ICNIRP: Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 1000 µm; Health Physics 71 (1996), 804 – 819.

[4] ICNIRP: Revision of guidelines on limits for laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1,400 nm; Health Physics 79 (2000), 431 – 440.

[5] 2006/25/EG (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG), ABl. L 114 vom 27.4.2006 S. 38 – 59.

[6] Reidenbach, H.-D., Dollinger, K., Hofmann, J.: Überprüfung der Laserklassifizierung unter Berücksichtigung des Lidschlussreflexes (in German), Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Fb 985, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 2003.

[7] Reidenbach, H.-D., Hofmann, J., Dollinger, K., Ott, G.: Abwendungsreaktionen des Menschen gegenüber sichtbarer Laserstrahlung, Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Fb 1069, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 2006.

[8] BGV B 2 bzw. GUV-V B 2: Unfallverhütungsvorschrift »Laserstrahlung« vom 1. April 1988 in der Fassung vom 1. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen vom Oktober 1995, Aktualisierte Nachdruckfassung April 2007; Carl Heymanns Verlag KG, Köln.

[9] BGI 5006: Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung; Fachausschuss „Elektrotechnik" der BGZ, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Oktober 2004.

[10] IEC 60825-1 - Ed. 2.0: 2007-03: Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements; International Electrotechnical Commission; Geneva, Switzerland

[11] DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1):2008-05: Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2007); Deutsche Fassung EN 60825-1:2007, VDE u. Beuth-Verlag.

[12] Reidenbach, H.-D., Dollinger, K.: Untersuchungen zu arbeitsplatzbezogenen Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen; Forschungsbericht 2007, Fachhochschule Köln, (2008), ISDN-DFÜ: 06243-909-199, Public Verlagsgesellschaft und Anzeigenagentur mbH, Bingen, S. 206 – 212.

[13] DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1):2003-10: Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001), Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A1:2002 + A2:2001, Okt. 2003, VDE u. Beuth-Verlag.

[14] IEC 62471- Ed. 1.0: 2006-07: Photobiological safety of lamps and lamp systems; International Electrotechnical Commission; Geneva, Switzerland.

[15] DIN EN 62471 (VDE 0837-471):2009-03: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006); Deutsche Fassung EN 62471:2008; VDE u. Beuth-Verlag.

[16] Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K.; Ott, G.; Janßen, M.; Brose, M.: Blendung durch optische Strahlungsquellen; 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2008. ISBN: 978-3-88261-093-2, (http://www.baua.de/nn_8514/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2185.html?__nnn=true) zuletzt besucht am 22.12.2008

Abstract

Um zu zuverlässigen quantitativen Angaben bezüglich des Einflusses von Blendung, Blitzlichtblindheit und Nachbildern zu kommen, war es das Ziel dieses Forschungsvorhabens, die verschiedenen Parameter hinsichtlich der Minderung der relevanten Sehfunktionen zu bestimmen. Hierzu wurden Laser mit niedriger Leistung und 4 verschiedenfarbige Hochleistungs-LEDs (HB-LEDs) in speziell entwickelten Testanordnungen eingesetzt und insgesamt 191 Probanden 1.736 Blendversuchen unterzogen.

Projektleitung

Prof. a. D. Dr.-Ing. Hans-Dieter Reidenbach
Dipl.-Ing. Klaus Dollinger
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
Institut für Angewandte Optik und Elektronik
hans.reidenbach@fh-koeln.de

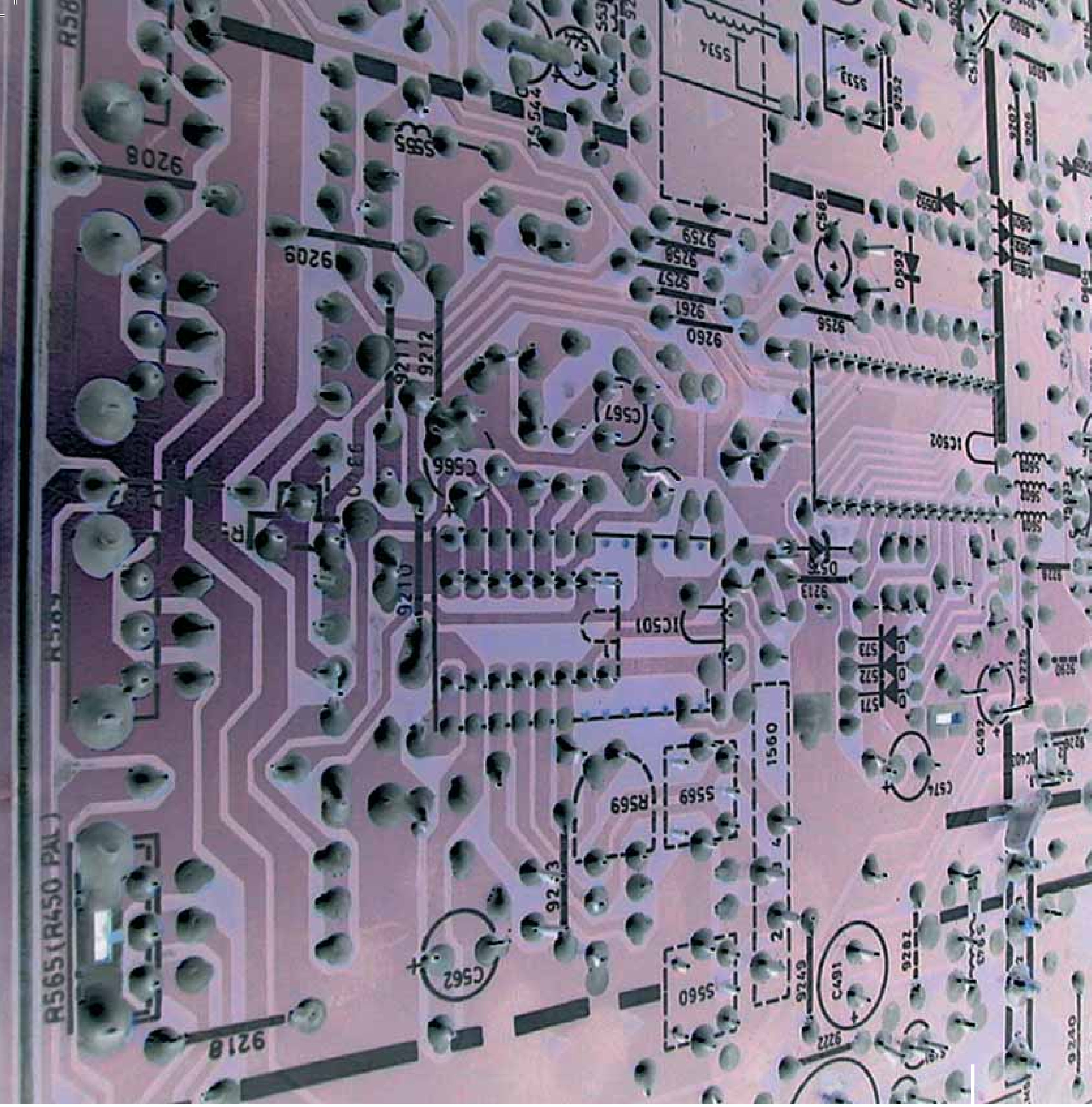
Projektbeteiligte

Dipl.-Ing. Joachim Hofmann MSc
Dipl.-Ing. Esther Hild MSc
Dipl.-Ing. Christian Dahmen MSc

Projektpartner

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund, Dipl.-Ing. Günter Ott

Berufsgenossenschaft Elektro, Textil und Feinmechanik, Köln



CLUSTER 6

COMPUTATIONAL SERVICES AND SOFTWARE QUALITY

Genetisches Programmieren für Vorhersagemodelle in der Finanzwirtschaft

Genetisches Programmieren (GP) ist eine spezielle Klasse evolutionärer Algorithmen, die sich besonders gut zur Suche nach Prognosemodellen eignet. Sie erlaubt die Integration von Komponenten aus bestehenden Verfahren der Zeitreihenprognose und ermöglicht somit die automatische Synthese der zu prognostizierenden Analyse, Modellierung und Optimierung mit CI Methoden. Abb. 1 zeigt einen einfachen GP Syntax-Baum, der den mathematischen Ausdruck „max (x+x, x+3*y)" darstellt. Die an den Wurzeln stehenden Ausdrücke können weitaus komplexer sein als die in diesem Beispiel gewählten Terme „x", „y" und „3". Im Prinzip können beliebige Eingabedaten verarbeitet werden. So lassen sich neue Ausdrücke erzeugen, die z.B. Prognosemodelle für Finanzdaten darstellen. Neue Modelle werden dabei nach Prinzipien der Natur generiert.
Ein neuer Baum kann durch Änderung der Belegung eines Knotens (aus „Plus" wird beispielsweise „Minus") erzeugt werden. In Analogie zu Vorgängen in der Natur wird dies auch als Mutation bezeichnet.

Sequentielle Parameteroptimierung
Mit der von Bartz-Beielstein entwickelten sequentiellen Parameteroptimierung (SPO) steht ein universelles Tool zur Analyse beliebiger Modelle zur Verfügung. Es werden Verfahren aus der experimentellen Versuchsplanung (DoE, Design of Experiments) mit modernen statistischen Verfahren (z.B. Kriging oder baumbasierte Regression) kombiniert. SPO kann zur statistischen Analyse von den mit GP erzeugten Modellen genutzt werden. Der Einsatz von SPO wird in der Praxis und Theorie (Grundlagenforschung) stark nachgefragt. Die SPO-Methodik beinhaltet neben Verfahren zur Analyse einzelner Modelle auch Verfahren zur Generalisierbarkeit von Ergebnissen [3]. Eine entsprechende Methodik wurde in [5] dargestellt.

Kooperationspartner
Es wurden bereits einige Versuche unternommen, Aufgaben aus der Finanzwirtschaft mit CI-Verfahren wie evolutionären Algorithmen zu lösen. Grundlegend für die Berücksichtigung von Nebenbedingungen bei CI-Verfahren ist die Diplomarbeit von Baranski [1]. Diese Arbeit entstand in Kooperation mit der Firma Dortmund Intelligence Project GmbH (DIP), mit der wir eng zusammenarbeiten.

Heutzutage werden auf den Anleger zugeschnitten Risikofunktionen benutzt. Die DIP GmbH verwaltet schon einen größeren Fund mit GP. Ausgehend von den in [1] und [4] gewonnenen Erkenntnissen soll versucht werden, den Evolutionsprozess weiter zu optimieren und neue Aspekte bei der Optimierung zu berücksichtigen. In den nächsten Schritten werden der Einfluss der Repräsentation und der Zielfunktion im Mittelpunkt stehen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Analyse der historischen Daten, um eine bessere Grundlage für die Optimierung zu nutzen als den Durchschnitt. So sind Zeitreihen in diesem Bereich sehr oft Mean-Reverting, die Interpretation der Daten führt dann zu falschen Schlüssen, so dass man nicht den Durchschnitt der historischen Daten zur Optimierung nutzen sollte.

Des Weiteren besteht eine Kooperation mit der Quaesta Capital GmbH, einem unabhängigen deutscher Finanzdienstleister mit langjährigen Erfahrungen in Management, Strukturierung, Beratung und Marketing von Managed Accounts, Hedge Fonds, Fonds und strukturierten Produkten für Alternative Investments. Zu ihren Kunden zählen große europäische Geschäftsbanken und Pensionskassen. Wir werden Optimierungen für institutionelle Anleger und auch für Real-World Problemstellungen untersuchen.

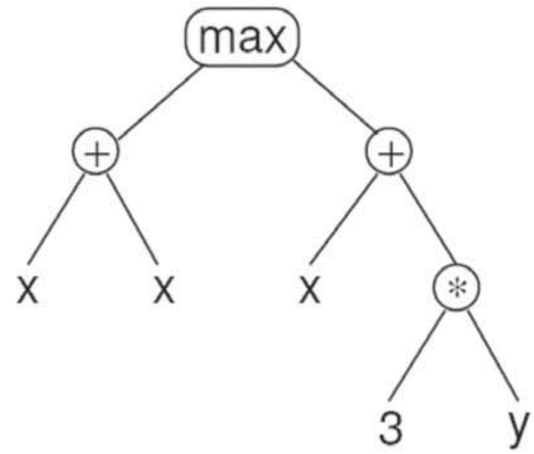


Abb. 1: GP Syntax-Baum [5]

Ein intensiver wissenschaftlicher Austausch besteht auch mit Forschern der Universitäten Dortmund, Karlsruhe, Amsterdam (NL), Tilburg (NL) und Antwerpen (BE). Durch Kontakte zur Forschungsabteilung von Dow Benelux B.V., einem internationalen Chemie-Konzern, gibt es eine Zusammenarbeit zur Anwendung von GP in der industriellen Simulation und Optimierung. Der Einsatz von GP für weitere Anwendungsgebiete der Zeitreihenanalyse und -prognose, u.a. zur Vorhersage des Trinkwasser- oder Energiebedarfs für Versorgungsunternehmen, ist vorgesehen.

Thomas Bartz-Beielstein

Literatur

[1] Baranski, Bastian, Evolutionsstrategien zur Portfoliooptimierung unter Nebenbedingungen. Diplomarbeit am Fachbereich Informatik, Universität Dortmund. 2007.

[2] POLI, Riccardo ; LANGDON, William B. ; MCPHEE, Nicholas F.: A field guide to genetic programming. Published via http://lulu.com and freely available at http://www.gp-field-guide.org.uk, 2008 http://www.gp-field-guide.org.uk. – (With contributions by J. R. Koza)

[3] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Experimental Research in Evolutionary Computation—The New Experimentalism. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2006

[4] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Computational Intelligence and Data Mining: Portfoliooptimierung unter Nebenbedingungen / Cologne University of Applied Sciences. 2007. – Forschungsbericht

[5] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: How Experimental Algorithmics Can Benefit from Mayo's Extensions to Neyman-Pearson Theory of Testing. In: Synthese 163 (2008), Nr. 3, S. 385–396. – DOI 10.1007/s11229-007-9297-z

Abstract

Finanz-Zeitreihen, also z.B. die Entwicklung der Börsenkurse, können sich durch politische, ökonomische und umweltbedingte Einflüsse sehr rasch verändern. Aus diesen Gründen lassen sich viele für die wirtschaftliche Praxis interessante Zeitreihen nur schlecht mit „klassischen" Prognoseverfahren vorhersagen. Ziel des Projekts ist die Entwicklung modularer Systeme zur Analyse und Prognose von Daten aus der Industrie und Ökonomie, insbesondere von multivarianten Zeitreihen, mit Verfahren der Computational Intelligence (CI), insbesondere dem Genetischen Programmieren (GP). Neben den Daten der Zeitreihen können für GP beliebige Eingabedaten wie z.B. Schlüsselwörter aus Börsennachrichten genutzt werden.

Projektleitung

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Prof. Dr. Wolfgang Konen
wolfgang.konen@fh-koeln.de

Projektpartner

Dortmund Intelligence Project GmbH
Quaesta Capital GmbH

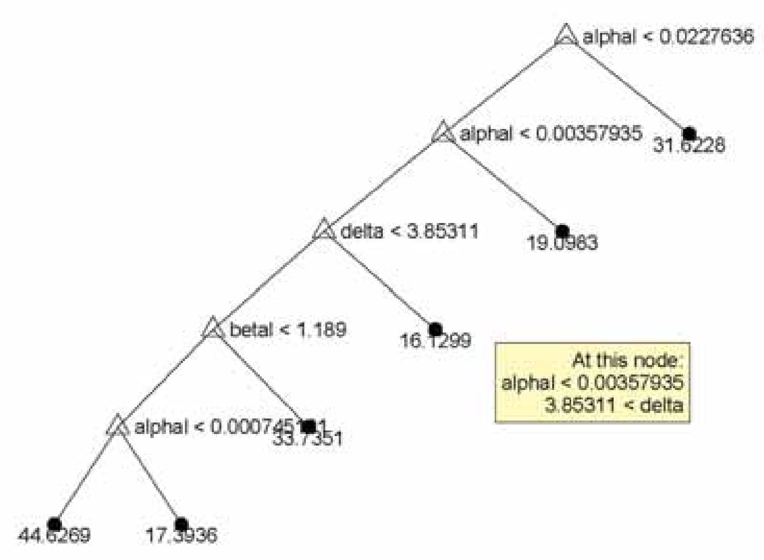
Moderne statistische Verfahren zur Parameteroptimierung und systematischen Modellauswahl

Verfahren der Computational Intelligence (CI) haben in den letzten Jahrzehnten einen festen Platz im Repertoire der Simulations- und Optimierungsverfahren erobert. Neuronale Netze (NN), Evolutionsstrategien (ES) oder genetisches Programmieren (GP) – um nur einige CI-Verfahren zu nennen – werden tagtäglich in der industriellen Praxis eingesetzt. Die Entscheidung für den Einsatz dieser Verfahren wird dabei häufig von subjektiven Kriterien beeinflusst. Als Kriterien können etwa die Vertrautheit mit einem Verfahren, das persönliche Interesse an bioanalogen Verfahren oder Vorträge auf Fachkonferenzen genannt werden. Nach unserer Erfahrung spielt bei dieser Auswahl der Zufall eine große Rolle. Nur in seltenen Fällen erfolgt die Auswahl allein nach objektiven Maßstäben. Außerdem ist es nicht ausreichend, das beste Verfahren auszuwählen, da der Auswahlprozess selbst möglichst optimal durchgeführt werden sollte. Es ist also nicht alleine ausreichend, das beste Verfahren zu finden. Der Findungsprozess selbst muss optimal gestaltet werden.

Der Fluch der Dimensionen

Im Rahmen unserer Analysen haben wir verschiedene Prognosemodelle betrachtet, wie zum Beispiel Neuronale Netze (NN), Echo State Networks (ESN) , Nonlinear AutoRegressive models with eXogenous inputs (NARX), finite impulse response filter (FIR), Differentialgleichungen (ODE) oder Integralgleichungen (INT) [4,5].

Die von uns untersuchten Modelle besitzen bis zu 20 Parameter. Selbst bei nur drei verschiedenen Einstellungen pro Parameter, beispielsweise„kalt",„warm" und„heiss", gibt es mehr als drei Milliarden verschiedene Kombinationen. In vielen Situationen wird versucht, manuell – durch Ausprobieren – günstige Parametereinstellungen für das Modell zu finden. Die sogenannte„one-factor-at-a-time"(OAT)-Vorgehensweise findet dabei häufig Anwendung. Allerdings wächst die Anzahl der möglichen Einstellungen mit der Anzahl der Faktoren exponentiell. Daher besitzt die OAT-Vorgehenweise in vielerlei Hinsicht große Nachteile im Vergleich zu einer systematischen Vorgehensweise. Im Bereich der Simulation wurde dies von Kleijnen ausführlich dargestellt [6].



Abbi. 1: Baumbasierte Darstellung der Ergebnisse. Günstige Eigenschaften können direkt abgelesen werden. Obwohl die zugrunde liegenden statistischen Verfahren komplex sind, benötigt der Anwender zur Interpretation der Ergebnisse lediglich Grundkenntnisse der Statistik

Sequentielle Parameteroptimierung

Wir setzten die SPO ein [1-3]. SPO wurde speziell für Optimierungsprobleme entwickelt und kombiniert Ansätze aus der klassischen Regressions- und Varianzanalyse mit modernen statistischen Verfahren wie Kriging. SPO ist eine umfassende, auf einem rein experimentellen Ansatz beruhende Methode zur Analyse und Verbesserung deterministischer und stochastischer Simulations- und Optimierungsverfahren [2]. Ein eingangs kleiner Stichprobenumfang mit wenigen Wiederholungen wird im Laufe der SPO vergrößert. Zur Bestimmung neuer Stichproben und der Anpassung der Anzahl der Wiederholungen fließen die bisher gewonnenen Informationen ein, so dass das Modell sequenziell verbessert und die Aussagen immer sicherer werden. Die sequenzielle Vorgehensweise ermöglicht ein Lernen der zugrunde liegenden Abhängigkeiten. SPO kann zudem automatisiert ablaufen und ist für die numerische Simulation und Optimierung praktisch konkurrenzlos. Uns ist zurzeit kein vergleichbares Verfahren bekannt, das einem Anwender mit geringem Aufwand die Anpassung, den Vergleich und die Analyse verschiedener Modelle ermöglicht.

Ergebnisse

Die manuellen Ergebnisse eines Experten konnten durch SPO nochmals um 30-40 Prozent gesteigert werden [5]. Durch die SPO erschließen sich oftmals überraschende Einsichten über die Modellierung sowie Ansätze, wie sich möglicherweise ein verbessertes Modell bauen lässt. Die SPO selbst zeigte sich als robustes Optimierungsverfahren, das mit einer kleinen Samplezahl gestartet werden kann.

Kooperationen

Die Bestimmung günstiger Einstellungen und geeigneter Modelle ist Gegenstand aktueller Forschung, in Kooperation mit der Technischen Universität Dortmund (Prof. Günter Rudolph), Universität Karlsruhe (PD Dr. Jürgen Branke), der Vrije Universiteit Amsterdam (Prof. Gusz Eiben) und der University Tilburg (Prof. Jack Kleijnen) durchgeführt wird. Im Rahmen dieser Kooperationen wurden Forschungsanträge beantragt, so dass regelmäßige Treffen, Gastaufenthalte und kooperative Promotionsvorhaben durchgeführt werden können.

Thomas Bartz-Beielstein

Literatur

[1] Bartz-Beielstein, T.; Parsopoulos, K. E.; Vrahatis, M. N.: Design and analysis of optimization algorithms using computational statistics. Applied Numerical Analysis and Computational Mathematics (ANACM) 1 (2004) 2, S. 413–433.

[2] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuß, M.: Sequential Parameter Optimization. In: Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05), Edinburgh, Scotland (McKay, B.; et al., Hg.), Bd. 1, S. 773–780. Piscataway NJ: IEEE Press. 2005.

[3] Bartz-Beielstein, T.: Experimental Research in Evolutionary Computation—The New Experimentalism. Natural Computing Series. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 2006.

[4] Bartz-Beielstein, T.; Bongards, M.; Claes, C.; Konen, W.; Westenberger, H.: Datenanalyse und Prozessoptimierung für Kanalnetze und Kläranlagen mit CI-Methoden. In: Proc. 17th Workshop Computational Intelligence (Mikut, R.; Reischl, M., Hg.), S. 132–138. Universitätsverlag, Karlsruhe. 2007.

[5] Bartz-Beielstein, Thomas ; Zimmer, Tobias ; Konen, Wolfgang: Parameterselektion für komplexe Modellierungsaufgaben der Wasserwirtschaft – Moderne CI-Verfahren zur Zeitreihenanalyse. In: Mikut, R. (Hrsg.); Reischl, M. (Hrsg.): Proc. 18th Workshop Computational Intelligence, Universitätsverlag, Karlsruhe, 2008. – im Druck

[6] Bartz-Beielstein, Thomas: Review: Design and Analysis of Simulation Experiments by Jack P. C. Kleijnen. In: INFORMS Computing Society News (2008), Fall 2008. – http://computing.society.informs.org/newsletter.php

Abstract

Die Simulation komplexer technischer Vorgänge kann mit unterschiedlichen Modellen durchgeführt werden. Meistens erfolgt die Modellauswahl und anschließende Parametrisierung des Modells nach subjektiven Kriterien. Wir demonstrieren, wie eine systematische Vorgehensweise zur Modellselektion mittels SPO (sequentieller Parameteroptimierung) diesen Vorgang objektivieren kann. Diese Vorgehensweise konnte erfolgreich zur Auswahl eines Modells zur Vorhersage von Füllständen in Regenüberlaufbecken angewandt werden.

Projektleitung
Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
bartz@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligter
Prof. Dr. Wolfgang Konen
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
wolfgang.konen@fh-koeln.de

Projektpartner
Technische Universität Dortmund
Universität Karlsruhe
Tilburg University (NL)
Vrije Universiteit Amsterdam (NL)

Datenanalyse und Prozessoptimierung am Beispiel Kläranlagen

Die Prognose von Füllständen in Regenüberlaufbecken aufgrund von Regeneintrag und Bodenbeschaffenheit steht im Mittelpunkt unserer Untersuchungen. Böden und Kanalnetze stellen ein komplexes dynamisches System dar. Offensichtlich haben die aktuellen Zustände der Böden einen wichtigen Einfluss auf den Füllstand der Überlaufbecken, weil beispielsweise trockene Böden ein anderes Abflussverhalten zeigen als feuchte oder gar gefrorene Böden. Wichtige Faktoren sind ferner die unterschiedlichen Einflüsse räumlich verschiedener Bodensegmente auf den Füllstand aufgrund von Geländeterrainverläufen oder Bodenbeschaffenheit wie etwa Wasserdurchlässigkeit. Hinzu kommen noch weitere Einflussfaktoren wie die Sonnenscheindauer, die landwirtschaftliche Nutzung oder die Temperatur. Im Forschungsprojekt KANNST (KANalNetz-Steuerung) wird die Modellierung und Prognose von Füllstandshöhen in Regenüberlaufbecken Basis einzelner Regenmessungen untersucht [1].

Der wasserwirtschaftliche Stand der Technik besteht heutzutage meistens darin, dass Kanalnetze noch als ungeregelte Systeme betrieben werden, bei denen etwa am Ablauf von Regenüberlaufbecken feste Drosselmengen eingestellt werden [3, 4]. Im Vordergrund einer Weiterentwicklung der Kanalnetzbewirtschaftung steht der Gewässerschutz, da so wenig Schmutzfracht wie irgend möglich aus dem Kanal in die Gewässer gelangen soll. In jüngster Zeit werden die hierfür erforderlichen vernetzten Regelungssysteme im Rahmen des Projektes KANNST [1] unter Nutzung moderner Messtechnik und neuer Verfahren der Computational Intelligence (CI) entwickelt. Ziel ist es, die Kapazität des Kanalnetzes möglichst optimal auszunutzen, um die Entlastungen (Überträge in Gewässer) zu minimieren. Hierfür ist eine vorausschauende Prognose der Füllstände aufgrund von Regeneintrag und Bodenbeschaffenheit unerlässlich. Für die Modellierung von Kanalnetzen und Kläranlagen setzen wir komplexe Simulationsprogramme wie SIMBA oder SWMM ein. Bild 1 zeigt exemplarisch einige Vorrichtungen zur Datenerhebung in KANNST, nämlich ein Niederschlagsmessfeld.

Methodenspektrum

Aus unseren Untersuchungen geht hervor, dass einige CI-Verfahren wie etwa Neuronale Netze, die auf simulierten oder hinreichend glatten Daten eine sehr gute Performance gezeigt haben [5], auf den intermittierenden Daten der realen Messstellen ohne Datenvorverarbeitung keinen kleinen Prognosefehler erzielten und/oder instabiles Verhalten zeigten. Dies liegt aber unseres Erachtens nicht in den Verfahren an sich, sondern in einer noch fehlenden Datenvorverarbeitung begründet. Um den Einsatzbereich der CI-Verfahren möglichst breit zu gestalten, rückt die Bedeutung einer geeigneten, allerdings noch zu erforschenden, Datenvorverarbeitung in den Mittelpunkt unserer weiteren Forschung.

Zusammenfassend konnten wir mit dem systematischen Ansatz der sequentiellen Parameteroptimierung (SPO) [3-5] folgende wichtige Aussagen gewinnen:

- Vergleichbarkeit: Es liegt nicht an ungünstig gewählten Parametern, dass bestimmte Modelle eine schlechtere Performance zeigen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind diese Modelle dann für Modellierungsaufgaben in der Wasserwirtschaft nicht gut geeignet.
- Performanz: Die manuellen Ergebnisse konnten durch SPO nochmals um 30-40 Prozent gesteigert werden.
- Teilautomatisierung: Der oft sehr mühsame und zeitaufwändige Prozess des Parametertuning lässt sich teilweise automatisieren.
- Relevanz: Die Zusatzinformationen, die SPO liefert, erlauben es, die Wichtigkeit einzelner Parameter und ihrer Wertebereiche abzuschätzen. Daraus erschließen sich oftmals überraschende Einsichten über die Modellierung sowie Ansätze, wie sich möglicherweise ein verbessertes Modell bauen lässt.

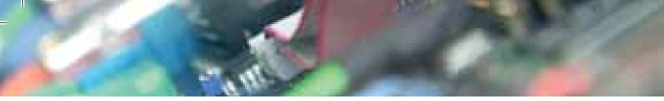
Gerade zum letzten Punkt konnten im Rahmen unserer Untersuchungen erste Ansätze gewonnen werden, die wir planen, zukünftig für eine genauere Modellierung zu nutzen. Die Prognosen über längere Beobachtungszeiträume sind noch nicht perfekt. Das kann aber basierend auf nur einem Input auch nicht unbedingt erwartet werden. Es ist geplant, weitere Datenquellen wie mehr Regenmessstellen, Temperatur und Luftfeuchte-Daten, Sonnenscheindauer oder Tageslänge hinzuzuziehen und deren Parameter schrittweise durch SPO zu optimieren.



Bild 1: Regenmessfeld

Hierzu werden praxisbewährte Methoden der Computational Intelligence (CI) und des Data Mining am Institut für Informatik der Fachhochschule (FH) Köln gebündelt zum Einsatz gebracht. In Kooperationsprojekten mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft werden die Methoden auf Einsetzbarkeit und Leistungsfähigkeit geprüft. Der Einsatz in diesen konkreten Anwendungsfällen ermöglicht es, die Reichweite und die Grenzen verschiedener, oftmals komplexer CI und Data Mining-Methoden auch für Praktiker aus Industrie und Wirtschaft gut fassbar darzustellen. Das Institut für Informatik der FH Köln unterstützt Unternehmen beim Einsatz dieser Methoden. Zum gegenwärtigen Themen- und Methodenspektrum gehören

- Evolutionäre Algorithmen
- Genetic Programming



- Neuronale Netze
- Fuzzy Logic
- Entscheidungsbäume und Random Forests
- Modellierung dynamischer Systeme, Echo State Networks
- Experimentelles Design, Versuchsplanung
- Sequentielle Parameteroptimierung
- Standardverfahren des Data Minings
- Hybride Kombinationen der o.g. Methoden

Inwieweit diese Verfahren sinnvoll kombiniert werden können, soll anhand weiterer Forschungen untersucht werden. Weitere aktuelle Forschungsprojekte, die mit CI-Methoden bearbeitet werden, sind in [1,2,5] beschrieben.

Thomas Bartz-Beielstein

Literatur

[1] Bongards, M., Online-Konzentrationsmessung in Kanalnetzen - Technik und Betriebsergebnisse, Forschungsbericht FH Köln, 2007.

[2] Westenberger et al., Business Intelligence an Hochschulen, Forschungsbericht FH Köln, 2007.

[3] Bartz-Beielstein, T.; Parsopoulos, K. E.; Vrahatis, M. N.: Design and analysis of optimization algorithms using computational statistics. Applied Numerical Analysis and Computational Mathematics (ANACM) 1 (2004) 2, S. 413–433.

[4] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuß, M.: Sequential Parameter Optimization. In: Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05), Edinburgh, Scotland (McKay, B.; et al., Hg.), Bd. 1, S. 773–780. Piscataway NJ: IEEE Press. 2005.

[5] Bartz-Beielstein, T.: Experimental Research in Evolutionary Computation—The New Experimentalism. Natural Computing Series. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 2006.

[4] Bartz-Beielstein, T.; Bongards, M.; Claes, C.; Konen, W.; Westenberger, H.: Datenanalyse und Prozessoptimierung für Kanalnetze und Kläranlagen mit CI-Methoden. In: Proc. 17th Workshop Computational Intelligence (Mikut, R.; Reischl, M., Hg.), S. 132–138. Universitätsverlag, Karlsruhe. 2007.

[5] Bartz-Beielstein, Thomas ; Zimmer, Tobias ; Konen, Wolfgang: Parameterselektion für komplexe Modellierungsaufgaben der Wasserwirtschaft – Moderne CI-Verfahren zur Zeitreihenanalyse. In: Mikut, R. (Hrsg.) ; Reischl, M. (Hrsg.): Proc. 18th Workshop Computational Intelligence, Universitätsverlag, Karlsruhe, 2008. – im Druck

Abstract

Ziel dieses Projekts ist die Erforschung von Prognosemodellen für Füllstände in Kläranlagen aufgrund von Regeneintrag und Bodenbeschaffenheit. Dazu werden verschiedene Prognoseverfahren verglichen und die Sequentielle Parameteroptimierung (SPO) genutzt. So kann für jedes Prognosemodell in vergleichbarer Weise das bestmögliche Parameter gefunden werden. Mit SPO wird in konsistenter Weise der Einfluss von Parametern analysiert. So kommt es zu einer zielgerichteten Vereinfachung und Verbesserung des Modellentwurfs.

Projektleitung

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de

Projektbeteiligter

Prof. Dr. Wolfgang Konen
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
wolfgang.konen@fh-koeln.de

Projektpartner

Technische Werke Emmerich am Rhein GmbH,
Gelsenwasser AG

edb: Ein E-Learning-Portal zur Unterstützung der Lehre im Fach Datenbanken

Lehr- und Lernmethoden haben sich an deutschen Hochschulen verändert in den letzten Jahren: Dazu gehört auch der wachsende Einbezug von E-Learning-Methoden in den Hochschulalltag[1]. So wird die Lernplattform ILIAS[2] an der Fachhochschule Köln hochschulweit eingesetzt und intensiv genutzt. edb (E-Learning-Datenbank Portal) entstand als Ergänzung dieses FH-weiten Angebots: Im Rahmen eines Blended-Learning-Ansatzes[3] wurde eine webbasierte Lernumgebung rund um die klassische Präsenzlehre im Fach Datenbanken erstellt. Es wurden bisher sieben datenbankspezifische E-Learning-Module entwickelt, die entweder der Wissensvermittlung und Lernkontrolle im Fach Datenbanken dienen (MC-Test, SQL-Trainer, ER-Trainer, 3NF-Trainer) oder bestimmte Zusammenhänge aus einer Datenbank-Vorlesung veranschaulichen (B-Baum-Applet, SELECT2OBaum und Stücklisten-Tool). Dabei entstanden neuartige Werkzeuge, die einen echten Forschungsbezug haben, da sie in dieser Form noch nicht existieren. Genutzt werden kann edb von Studierenden der Datenbank-Präsenzveranstaltungen, von der Firma Opitz Consulting[4] GmbH, Gummersbach, im Rahmen ihrer Schulungen oder von Lesern eines Datenbank-Lehrbuches wie z.B. „Datenbanksysteme - Theorie und Praxis mit SQL2003, Oracle und MySQL" [Faeskorn et al. 2007][5]. Im Vordergrund steht bei edb, dass die Studierenden oder die Leser nicht die Vorstellung entwickeln, jede Information sei immer nur „einen Klick weit weg"[6] und Wissen könne geliefert werden, wenn man sich die entsprechenden Dateien aus einer Lernplattform lädt oder ein Buch in das Regal stellt. Vielmehr bedeutet Lernen intensive Auseinandersetzung mit dem Stoff, der in edb durch interaktive Module vermittelt wird und auch spielerische Aspekte hat, um den Spaß am Lernen zu fördern. Ein Ziel von edb ist daher die Etablierung von praxisnahem, zeit- und ortsunabhängigem Lernen auf dem Gebiet Datenbanken und Informationssysteme. Ein Nebenziel ist hier die Anwendung von datenbankspezifischem Wissen für die ständige Weiterentwicklung von edb selbst, da alle Methoden und Musterlösungen datenbankgestützt in einer Oracle-Datenbank verwaltet werden.

Integration in das Curriculum der Informatik-Studiengänge der FH Köln

edb ist zweifach in das Curriculum der Informatik-Studiengänge der Fachhochschule Köln integriert. Zum einen durch den Bezug zum Pflichtfach Datenbanken, in dem es unterstützend und zur Klausurvorbereitung eingesetzt wird. Zum anderen durch die Projektorientierung des Informatik-Studiums. edb-Module, wie der SQL-Trainer, das MC-Modul und alle anderen Module, wurden als moderne Web-Anwendungen konzipiert und als studentische Projekte realisiert, die als Studienleistung im Informatik-Studium notwendig sind. Am aktuellen Stand von edb haben ca. 30 Studierende mitgearbeitet, die in den entsprechenden Internetseiten von edb genannt sind.

Historie der edb

In der Anfangszeit (2005) bestand das Portal nur aus einem Multiple-Choice-Test (inzwischen sind ca. 1000 Fragen zum Thema „Datenbanken" enthalten) und wurde dann kontinuierlich erweitert. Zurzeit sind sieben Anwendungen in edb integriert, nämlich der MC-Test, der ER-Trainer, der 3NF-Trainer, der SQL-Trainer, SELECT2O-Baum, das Stücklistentool und der B-Baumzeichner. Außerdem enthält edb einen Chat-Raum und ein Forum. 2008 wurden die einzelnen Angebote mit einem Namen und einheitlichem Äußeren versehen – edb war geboren und besitzt nun ein einheitliches, barrierefreies Layout basierend auf JSP-Seiten mit den entsprechenden css-Dateien sowie eingebetteten Java-Applets. Serverseitig wurden Java-Servlets und eine Oracle-Datenbank zur Benutzerverwaltung sowie für die Ablage der Musterlösungen verwendet. Die Studierenden nutzen edb – besonders intensiv in den



Abb. 1:edb-Portal

Klausurphasen – als Ergänzung zu Praktika und Präsenzveranstaltungen. Im Oktober 2008 hatten sich ca. 1500 Benutzer registriert.

Die Funktionen von edb

MC-Test

Der MC-Test enthält fast 1000 Fragen zum Thema Datenbanken, aus denen 20 Fragen zufällig ausgewählt und bewertet werden. Es können je Frage ein oder mehrere Antworten ausgewählt werden oder es muss alternativ ein Freitext eingegeben werden. Eine Besonderheit ist sicher der Umfang der Fragen zum Thema Datenbanken, die oft aus Feedback-Antworten der Studierenden entstanden. Nach Abschluss des Testes erfolgen eine Bewertung des Ergebnisses inklusive Anzeigen der Musterlösungen und eine Notenvergabe. Die besten MC-Nutzer werden in der Top30-Liste geführt, die zu Beginn eines Studienjahres wieder neu aufgesetzt wird.

ER-Trainer

Eine Anfangsschwierigkeit bei der Datenmodellierung besteht in der Unterscheidung von verschiedenen Beziehungstypen in ER-Modellen[7]. Zu einer Phrase, die einen Sachverhalt beschreibt, muss der edb-Benutzer im ER-Trainer den korrekten, grafischen Beziehungstyp auswählen. Sein Eintrag wird mit der gespeicherten Musterlösung verglichen und der korrekte Typ ausgegeben.

[1] Vgl. [Knaden 2008]
[2] Vgl. [Henning et al 2007])
[3] Vgl. [Anderson et al 2008]
[4] Vgl. [Opitz 2008]
[5] Vgl. [Faeskorn et al. 2007]
[6] Vgl. [Wilkens 2008]

3NF-Trainer

Eine andere Schwierigkeit, der Studierende im Fach (Relationale) Datenbanken regelmäßig begegnen, ist das Auflösen einer vorgegebenen (oder mehrerer Relationen) in die 2NF und 3NF bzw. auch in höhere Normalformen. Ein Tool zum interaktiven Einüben dieses Algorithmus existiert seit kurzem in edb.

Schritt für Schritt wird der Dekompositions-Algorithmus[8] bis zur 3NF nachvollzogen und den Studierenden auch hier umfangreiches Übungsmaterial zur Verfügung gestellt. Anhand von Beispielen wird der edb-User Schritt für Schritt durch den Algorithmus begleitet und kann seine eigene Lösung mit der Musterlösung abgleichen. Während SQL-Trainer[9] schon länger im deutschsprachigen Raum des Internets als WEB-Applikationen[10] zu finden sind, ist dies für 3NF-Trainer als WEB-Applikation bisher nicht der Fall. Auch beim 3NF-Trainer gilt der Grundsatz, dass Musterlösung und Benutzerlösung datenbankgestützt miteinander verglichen werden und ein Feedback an den edb-Benutzer geschickt wird.

SQL-Trainer

Eine praxisnahe Ausbildung im Bereich Datenbank verlangt profunde SQL-Kenntnisse. Ziel des SQL-Trainers ist es, Fähigkeiten im korrekten Formulieren von SELECT-Abfragen und anderen DML-Anweisungen zu entwickeln. Es werden Anfragen gestellt, die zufällig aus ca. 200 vorformulierten Fragen ausgewählt werden. Das Programm schickt die Antworten der Benutzer in Form von SQL-Abfragen zur Ausführung an eine Oracle-Datenbank und führt sie dort aus. Eine SELECT-Abfrage wird als korrekt bewertet, falls das Ergebnis der Abfrage mit dem Ergebnis der Musterlösung mengenmäßig (im Java-ResultSet) übereinstimmt. Als Hilfestellung kann man sich die Relationen der benutzten Datenbankschemata ansehen und auch den Inhalt der verwendeten Datenbankrelationen. Zurzeit wird die Applikation auch für das Einüben anderer SQL-Anweisungen (INSERT, UPDATE und DELETE) erweitert und ein objektrelationales Beispielszenario aufgebaut.

SELECT2OBaum

Bei relationalen Datenbanken gibt es zwei Möglichkeiten, Abfragen zu formulieren: einmal als SELECT-Ausdruck und einmal als Ausdruck der relationalen Algebra. In vielen Fällen sind diese beiden Abfragemöglichkeiten äquivalent. SELECT2OBaum veranschaulicht diesen Zusammenhang: Eine SELECT-Abfrage wird automatisch in einen Operatorbaum umgewandelt. In der Applikation geschieht dies zurzeit mit vorformulierten SELECT-Anweisungen. Grundsätzlich ist die Umformung aber auch mit frei formulierten SELECT-Anweisungen (allerdings mit einigen Einschränkungen) möglich, diese Erweiterung wird zur Zeit von Studierenden der FH Köln umgesetzt. SELECT2Baum hat als technische Grundlage eine kontextfreie Grammatik, die eine SELECT-Anweisung beschreibt und verwendet den frei verfügbaren Scanner JFlex[11] und den Parsergenerator Java Cup[12] und ist sicher in diesem Zusammenhang auch neuartig.

B-Baum-Applet

Ein B-Baum ist eine Daten- oder Indexstruktur, die häufig in Datenbanken und Dateisystemen eingesetzt wird[13]. Er ist vollständig balanciert und speichert Daten sortiert nach Schlüsseln. Das Einfügen, Suchen und Löschen von Daten in B-Bäumen ist in leicht kalkulierbarer Zeit möglich, da der Weg von der Wurzel bis zum Blatt immer



Abb. 2: MCT in edb



Abb. 3: ER-Trainer

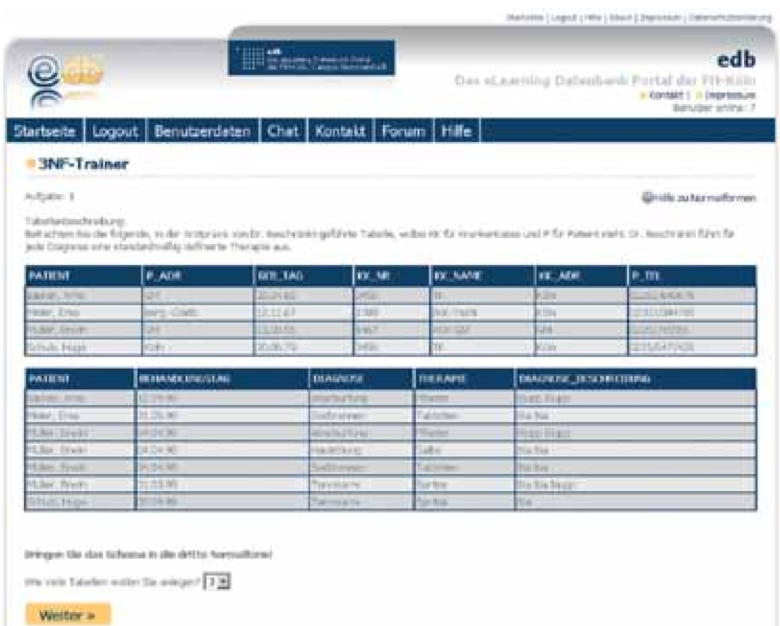


Abb. 4: 3NF-Trainer

[7] Vgl. [Faeskorn et al. 2007]

[8] Vgl. z.B. [Elmasri et al. 2002] und [Heuer et al. 2006]

[9] Vgl. z.B. [lots 2008] in http://lots.uni-leipzig.de/home/

[10] [Jürgens 2008] enthält eine vergleichbare Java-Applikation, die aber nicht als WEB-Applikation ausgelegt ist.

gleich lang ist. Das JAVA-Applet demonstriert das Einfügen, Löschen und Suchen von Schlüsseln in diese Datenstruktur[14].

Stücklisten-Tool

Ein Standardbeispiel aus einer Datenbankvorlesung ist sicher das relationale Abbild einer Stückliste in zwei Relationen „Teile" und „Struktur". Den Studierenden fehlt oft die Vorstellung, was dies anschaulich bedeutet. In diesem Zusammenhang entstand das Stücklisten-Applet, welches dazu dient, zu einer vorgegebenen Teilenummer eine Stückliste bzw. eine Verwendung zu zeichnen. Interessant ist diese Applikation auch im Hinblick auf die neuartigen rekursiven Anfragen WITH RECURSIVE aus SQL2003[15] im Vergleich zu der CONNECT BY-Klausel von Oracle[16].

Web 2.0-Aspekte von edb: Chat-Raum und Forum

Web 2.0-Anwendungen sind durch Einbindung der Benutzer in die stetige Verbesserung des Systems gekennzeichnet. Dies ist auch ein wichtiger Aspekt von edb, der in der Zukunft noch verstärkt werden soll. Die verschiedenen Module von edb, die im bisher beschrieben wurden, entstanden in einem solchen Prozess. Der Chat-Raum und das Forum sollen diesen Prozess noch weiter fördern. Beide Werkzeuge sind Open-Source-Applikationen, die aufgenommen wurden, um die Integration der Studierenden in das System zu verbessern. Der Chat–Raum[17] dient der Kommunikation der Benutzer untereinander und wird für Online-Sprechstunden der Dozenten genutzt. Im Forum[18] können Probleme, die bei der Verwendung von edb auftreten, diskutiert und Verbesserungsvorschläge eingereicht werden. Besonderheit ist in beiden Fällen die Integration mit der in edb enthaltenen Benutzerverwaltung, so dass die edb-Nutzer sich im Sinne von SSO (Single Sign One) nur einmal anmelden müssen.



Abb. 5: SQL-Trainer

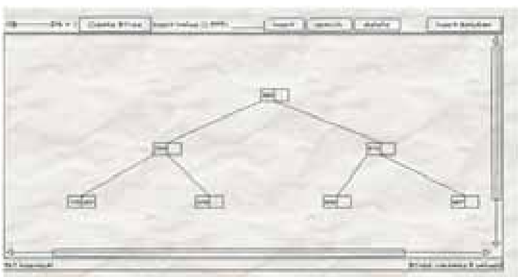


Abb. 6: B-Baum-Applet

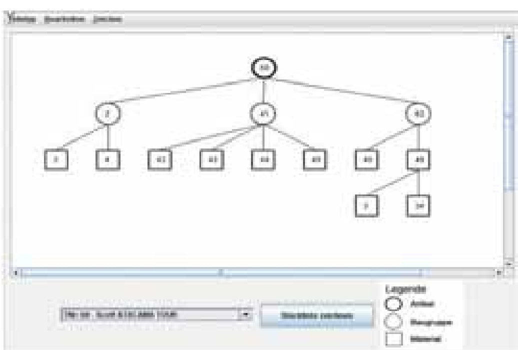


Abb. 7: Stücklistenzeichner

Ausblick

- Edb ist zurzeit überwiegend ein System zur Wissensüberprüfung, die Wissensvermittlung findet in traditioneller Weise in Präsenzveranstaltungen statt. Elemente der Wissensvermittlung, z.B. die SQL-Syntax für den SQL-Trainer oder eine Erklärung der Normalformen und des Dekompositionsalgorithmus für den 3NF-Trainer sollen zukünftig ergänzt werden. Für den MC-Test ist vorgesehen, nicht nur die Musterlösung zu präsentieren, sondern auch eine Begründung und Literaturverweise anzuzeigen.
- Belohnungssysteme, wie die MC-Top-30-Liste (bisher nur im MC-Test benutzbar) sollten erweitert werden, um die Benutzerbindung zu stärken.
- In edb soll mehr Web 2.0-Funktionalität integriert werden, z.B. in dem die Benutzer die Möglichkeit haben, in den SQL-Trainer oder den MC-Test eigene Aufgaben einzutragen und das System so zu erweitern. Darüber hinaus ist auch die Entwicklung von fachspezifischen Wikis sehr sinnvoll, wie zahlreiche Veröffentlichungen[19] zeigen. Ein Datenbank-Wiki wird als eine der ersten Aufgaben in Zukunft in Angriff genommen.
- Natürlich ist auch die Aufnahme weiterer Module zur Unterstützung der Datenbank-Vorlesung denkbar, ganz im Sinne von Web 2.0: Je mehr Benutzer, je mehr Ideen. Ein SQL-Kreuzworträtsel und eine XQuery-Trainer analog zum SQL-Trainer wurden schon vorgeschlagen.
- Vielleicht der wichtigste Punkt: Die Ausweitung auf andere Fachgebiete der Informatik oder andere Fakultäten bzw. Unternehmen, die im Bereich Datenbanken tätig sind, wie die Firma Opitz Consulting in Gummersbach. Auf die Vorschläge der Benutzer, die z.B. im edb-Forum entstehen, darf man gespannt sein.

Heike Faeskorn-Woyke

[11] Vgl. [JFLEX 2008]
[12] Vgl. [Java CUP 2008]
[13] Vgl. [Bayer 1972]
[14] Vgl. auch [DBIS 2008]
[15] Vgl. [Heuer et al. 2006]
[16] Vgl. [Oracle 2008]
[17] Vgl. [CHAT 2008]
[18] Vgl. [Forum 2008]
[19] Vgl. [Thelen 2008]

Abstract

Wie an vielen anderen Hochschulen hat eLearning auch an der Fachoochschule Köln einen wachsenden Stellenwert. Edb, das eLearning Datenbank Portal (http://edb.gm.fh-koeln.de) entstand in diesem Zusammenhang und dient der Verbesserung der Lernqualität im Informatik-Studium. Im Rahmen eines Blended-Learning-Ansatzes wurde eine webbasierte Lernumgebung rund um die klassische Präsenzlehre im Fach „Datenbanken und Informationssysteme" entwickelt. In der Anfangszeit (2005) bestand das Portal nur aus einem Multiple-Choice-Test und wurde dann kontinuierlich erweitert. Es wurden bisher sieben datenbankspezifische eLearning-Module integriert, die entweder der Lernkontrolle dienen (Datenbank-MC-Test), die praktische Anwendung von gelernter Theorie vermitteln (SQL-Trainer, ER-Trainer, 3NF-Trainer) oder bestimmte Zusammenhänge aus einer Datenbank-Vorlesung veranschaulichen (B-Baum-Applet, SELECT2OBaum und Stücklisten-Tool). Genutzt werden kann edb von Studierenden im Fach Datenbanken, von Praktikern, die sich im Gebiet der Datenbanksysteme selbstständig einarbeiten wollen oder von Firmen, die z. B. Datenbankschulungen anbieten.

Projektleitung

Prof. Dr. Heide Faeskorn-Woyke
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
Heide.Faeskorn-Woyke@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Prof. Dr. Birgit Bertelsmeier
Dipl.-Inform. Damian Gawenda
Dipl.-Inform. Nico Liß

Literatur

[Anderson et al] Anderson, R., Grygo, H., Kämmerling, D.: „Einsatz von wiederverwertbaren Lernobjekten in Blended Learning Konzepten", Tagungs-band logOS 2008, 115-122, Elektronic Publishing Osnabrück,2008.

[Bayer 1972] Bayer, R., McCreight, E.M.: "Organization and Maintenance of Large Ordered Indices". Acta Informatica 1(3): 173-189 (1972).

[Chat 2008] Open Source Werkzeug JChatBox aus http://www.javazoom.net/jzservlets/servlets.html, 30.08.2008.

[DBIS 2008] Interaktives b-Baum-Applet der Uni Karlsruhe (30.08.2008) http://www.aifb.uni- karlsruhe.de /Lehrangebot /Sommer1997 /dbis2 /BBaum.html

[Faeskorn et al. 2007] Faeskorn-Woyke, H.; Bertelsmeier, B., Riemer, P., Bauer, E. : „Datenbanksysteme - Theorie und Praxis mit SQL2003, Oracle und MySQL", Pearson-Studium, München, 2007.

[Faeskorn et al. 2008] Faeskorn-Woyke, H., Bertelsmeier, B., Liß, N., Gawenda. D.: „Ein E-Learning-Datenbank-Portal für Studierende der FH Köln im Fach Datenbanken und Informationssysteme", Tagungsband logOS 2008, 135-140, Elektronic Publishing Osnabrück, 2008.

[ELBA 2008] Elba: „Ein E-Learning–Baukasten der ETH Zürich". http://www.elba.ethz.ch/, 30.08.2008.

[Elmasri et al. 2002] Elmasri, E., S. Navathe, S.: „Grundlagen von Datenbanksystemen". Pearson-Studium, München, 2002

[Forum 2008] Open Source Werkzeug JForum aus http://www.jforum.net/, 30.08.2008

[Häfele 2005] Maier-Häfele, K, Häfele, H.: „Open Source Werkzeuge für eTrainings", Verlag Managerseminare, 2005.

[Henning et al 2007] Henning, J., Dewal, G., Quenzer. M: „ILIAS - Die Open Source Lernplattform", Uni-Edition, 2007.

[Heuer et al. 2006] Heuer, A. Saake, G.: "Datenbanken: Konzepte und Sprachen". 3. Auflage, MITP-Verlag; 2006.

[Himpsl 2007] Himpsl, K.: „Wikis im Blended Learning. Ein Werkstattbericht". Verlag Werner Hülsbusch: Boizenburg 2007.

[Java CUP 2008] Frei verfügbarer Java Parser: (jetzt an der TU München):http://www2.cs.tum.edu/projects/cup/, 30.08.2008.

[Jürgens 2008] Jürgens, E.: „Database Normalizer". Technische Universität München. http://home.in.tum.de/~juergens/DatabaseNormalizer/index.htm

[JFLEX 2008] Frei verfügbarer Scanner: http://www.jflex.de/manual.html, 30.08.2008.

[Kemper et al. 2006] Kemper, A., Eickler, A.: "Datenbanksysteme, eine Einführung". Oldenbourg, 2006.

[Knaden 2008] Knaden, A.: „Innovation braucht Management- E-Learning als wichtiger Baustein der Qualitätsoffensive in der Lehre", Tagungsband logOS 2008, 3-10, Elektronic Publishing Osnabrück, 2008.

[Krivec 2008] Krivec, D.: „Ein E-Learning Modul zur webbasierten Normalisierung von Relationen", Diplomarbeit, Gummersbach, 2008.

[Lots 2008] Leipzig Online Test System aus http://lots.uni-leipzig.de/home/ 30.08.2008

[Oracle 2008] Oracle Dokumentation aus http://www.oracle.com

[Thelen 2008] Thelen, T.: „Wikis als flexible E-Learning-Werkzeuge". Tagungsband logOS 2008, 39-46, Elektronic Publishing Osnabrück, 2008.

[Vossen 2008] Vossen, G., „Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme", Oldenbourg, 2008.

[Wilkens 2008] Wilkens, U. „Raum für Experimente: Zur Rolle webbasierter Lehr-Lern-Infrastruktur bei der Entfaltung von Medienkompetenz und didaktischer Qualität", Tagungsband logOS 2008, 115-122, Electronic Publishing Osnabrück, 2008.

PROFINETanalyzer – Analyse und Überwachung von Automatisierungsnetzen

Für die Kommunikationssysteme in industriellen Produktionsanlagen werden zunehmend Ethernet-basierte Lösungen eingesetzt (Industrial Ethernet). Zur Überwachung und Diagnose derartiger Automatisierungsnetze benötigen die Hersteller der Produktionsanlagen ebenso wie die Betreiber der Anlagen zuverlässige Prüf- und Analysesysteme. Aktuell am Markt befindliche Netzwerkanalysegeräte sind bei IT-Standardprotokollen einsetzbar, verfügen jedoch noch nicht über die entsprechenden Verfahren zur Analyse und Bewertung von Automatisierungsprotokollen. Dies erfordert die Entwicklung neuartiger Analysewerkzeuge für spezifische Automatisierungsprotokolle. Dies war Anlass für das Team von Prof. Dr. Frithjof Klasen vom Institut für Automation & Industrial IT, die Entwicklung eines leistungsfähigen Netzwerkanalyse-Tools für PROFINET-Netzwerke zu starten.

Wer prüfen will, muss messen

Das Institut für Automation & Industrial IT der Fachhochschule Köln betreibt ein Prüflabor für die Untersuchung von industriellen, ethernet-basierten Automatisierungskomponenten. In diesem Zusammenhang werden unter anderem neue PROFINET-Geräte oder auch Prototypen verschiedener Hersteller getestet. Zu den zu untersuchenden Geräten zählen neben Automatisierungsgeräten (SPS) auch Feldgeräte und Infrastrukturkomponenten (Industrie-Switche, Router, Firewalls) die in Produktionsanlagen eingesetzt werden können. Bei der Prüfung der Geräte werden Integrationstests durchgeführt, die diverse Projektierungsvarianten, Betriebszustände und Anwendungsszenarien evaluieren, um eventuelle Probleme durch den Einsatz der Geräte aufzudecken.

Im Zuge der Integrationstests des Instituts wurde sehr schnell festgestellt, dass der Einsatz von Netzwerkanalyse-Tools wie Wireshark oder Sniffer sich nur bedingt zur Analyse des Datenverkehrs eines Automatisierungssystems eignet. Der Grund hierfür ist weniger technischer Natur, sondern liegt in der Darstellung und Auswertung der aufgezeichneten Daten.

Hinzu kommt, dass bei automatisierungstechnischen Anwendungen mit sehr hohem Datenaufkommen gerechnet werden muss. Typisch für ein PROFINET-Netzwerk ist beispielsweise ein zyklisches Senden der Daten. Die Aktualisierungsrate pro Teilnehmer liegt bei bis zu 1000 Datenpaketen pro Sekunde. Typische Teilnehmerzahlen können schnell einen dreistelligen Wert annehmen und führen damit zu einem erheblichen Datenaufkommen, in dem gezielt Alarme und Störungen gefunden werden müssen.

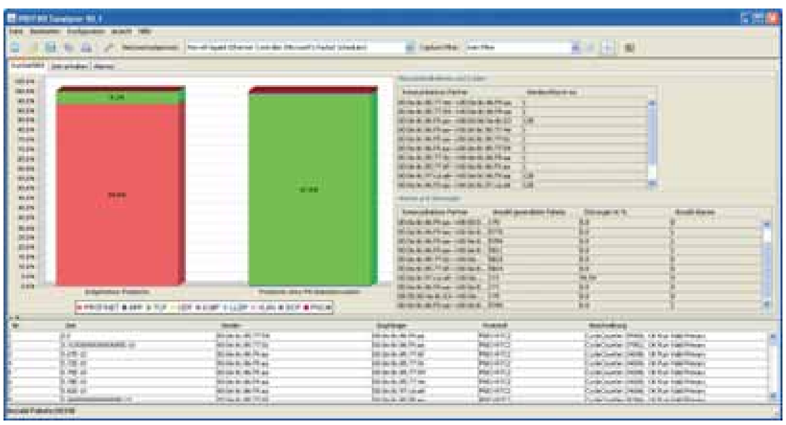


Bild 1: Darstellung der Analyseergebnisse für ein PROFINET Netzwerk

Eine effiziente Suche ist in Testsituationen oder bei der Störungsbehebung nur mit leistungsfähigen Filtermechanismen möglich. Die Erstellung dieser Filtermechanismen ist jedoch nur mit fundiertem Wissen über den Paketaufbau der einzelnen PROFINET-spezifischen Protokolle möglich. Auch müssen teilweise komplexe Filterstrukturen erstellt werden, um gezielt Daten aus dem PROFINET-Datenverkehr zu extrahieren.

Mit dem PROFINETanalyzer wurde daher eine Software entwickelt, welche die Integrationstests vereinfacht und immer wiederkehrende Analysevorgänge automatisiert durchführt und die Fehlerdiagnose dadurch erheblich vereinfacht.

Funktionsumfang des PROFINETanalyzers

Die Software PROFINETanalyzer erfasst die Kommunikation der PROFINET-Teilnehmer im Automatisierungsnetz über eine Netzwerkkarte, mit der es möglich ist, den laufenden Datenverkehr einer Anlage mitzuschneiden. Die aufgezeichneten Datenpakete werden dabei automatisch von der Software ausgewertet und für den Benutzer in anschaulicher Form aufbereitet.

Die Erfahrungen, die mit den bereits durchgeführten Integrationstests gesammelt wurden, waren ausschlaggebend für die Funktionalität der Software. Ein wesentlicher Punkt ist die einfache Auffindung von Alarmen, die von PROFINET-Teilnehmern im Falle von Fehlern gesendet werden. Dies realisiert der PROFINETanalyzer automatisch durch eine Filterung der entsprechenden Datenpakete bereits zur Laufzeit und die separate Darstellung in einer Liste.

Zusätzliche Hilfestellung bietet der PROFINETanalyzer durch die Auswertung der insgesamt ausgetauschten Pakete zwischen zwei Kommunikationspartnern und die prozentuale Verteilung der Kommunikationsstörungen, die während der Aufzeichnung auftraten. Dadurch kann auf einen Blick erkannt werden, ob es in der Automatisierungsanlage zu Problemen kommt oder ob ein Normalbetrieb mit reinem Nutzdatenverkehr stattfindet.

Ein weiteres hilfreiches Feature ist die Darstellung der prozentualen Verteilung der aufgetretenen Protokolle, da diese bereits Aufschluss über eventuell vorliegende Probleme geben kann (Bild 1).
Neben den Protokollen sind auch die Sendezyklen der Kommunikationspartner einer Anlage von großer Bedeutung. Werden Sendezyklen nicht eingehalten, lösen

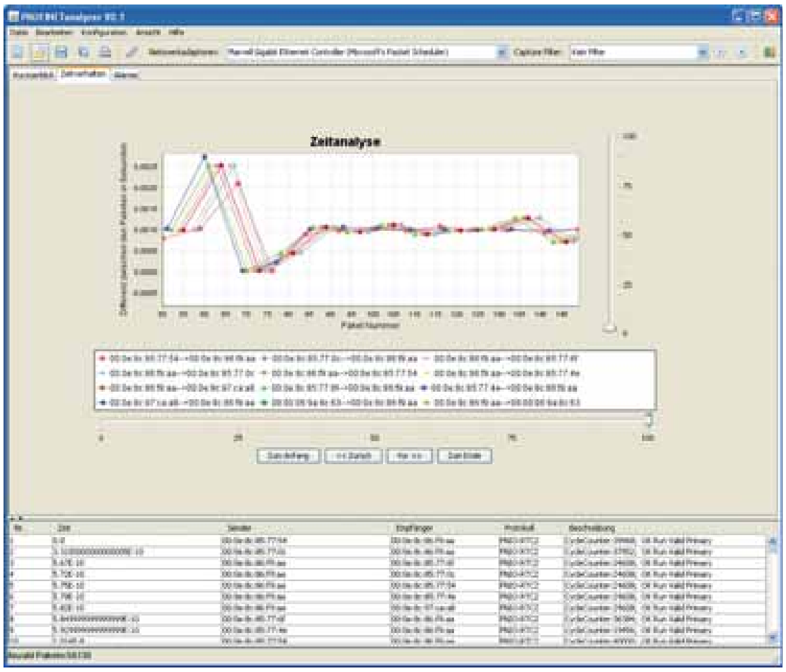


Bild 2: Darstellung der Sendezyklen über der Zeit

die dadurch fehlenden Datenpakete Alarme aus, die eine Anlage in Störung versetzen können. Neben der textuellen Darstellung dieser Sendezyklen, besteht auch die Möglichkeit einer grafischen Darstellung der Sendezyklen über die Zeit (Bild 2).

Durch diese Visualisierung der Sendezyklen ist sehr schnell ersichtlich, ob ggf. Probleme auftreten oder Datenpakete fehlen.

Ausblick

Die Software hat sich bei den Integrationstests im Prüflabor des Instituts als sehr hilfreich erwiesen, da sie ohne hohen Aufwand eine erste Analyse des Datenverkehrs bzw. des Verhaltens von Geräten bietet. Dies war Anlass, den PROFINETanalyzer anlässlich der Hannover Messe 2008 auf dem Gemeinschaftsstand des Wissenschaftsministeriums des Landes NRW zu präsentieren. Aufgrund der äußerst positiven Resonanz und des großen Interesses von Anlagenherstellern und -betreibern erfolgt die Weiterentwicklung der Software gezielt für den industriellen Einsatz. Erste Pilotanwendungen des PROFINETanalyzers an Produktionsanlagen der Automobilindustrie verliefen sehr erfolgreich.

Frithjof Klasen

Abstract

Die Entwicklung von Prüf- und Schutzsystemen im Bereich der netzbasierten Automatisierungslösungen erfordert eine genaue Analyse des Datenverkehrs in Automatisierungsnetzen. Aktuell am Markt befindliche Netzwerkanalysegeräte sind bei IT-Standardprotokollen einsetzbar, verfügen jedoch noch nicht über die entsprechenden Verfahren zur Analyse und Bewertung von Automatisierungsprotokollen. Ziel des Projektes war daher die Entwicklung und die Erprobung eines Analyzers für die Überwachung und Bewertung von PROFINET-Netzwerken in industriellen Produktionsanlagen. Erste Tests des PROFINETanalyzers an Produktionsanlagen der Automobilindustrie verliefen sehr erfolgreich.

Projektleitung

Prof. Dr. Frithjof Klasen
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
frithjof.klasen@fh-koeln.de

Konzeption und Implementierung eines webbasierten Störungsmanagementsystems für Produktionsanlagen

Ausgangslage

An einer Industrieanlage ist es auch bei einem hohen Automatisierungsgrad auf Grund diverser Einflussfaktoren nicht ausgeschlossen, dass es zu Störungen und Unterbrechungen im Produktionsablauf kommt. Diese Störungen und Unterbrechungen können sowohl zufällige als auch systematische Fehlerursachen haben. Für die Verbesserung der Anlageneffizienz (Overall Equipment Efficiency – OEE) ist es daher von zentraler Bedeutung, die Ursachen für Stillstände systematisch zu erfassen. Nur so können Optimierungen für den Betrieb der Anlagen gezielt vorgenommen werden.

Detaillierte Aufzeichnungen über die Verteilung und Häufigkeit der Störungsursachen liefern wichtige Informationen für die Produktionsplanung, Instandhaltung und auch der Investitionsplanung. Mit Hilfe dieser Daten können Schwachstellen und systematische Fehlerursachen, sowie Verbesserungspotentiale in der Produktion aufgedeckt werden. Eine ausreichende Informationsbasis lässt sich jedoch nur durch eine durchgängige Aufnahme, zentrale Speicherung und sinnvolle Verwaltung von ursachenspezifischen Störungsinformationen schaffen.

In der Praxis wird man häufig mit der Problematik konfrontiert, dass zwar Stillstandszeiten und Produktionsprobleme bekannt sind – aufgrund fehlender Erfassung und Analyse der Fehlerursachen jedoch häufig keine gezielte Optimierung erfolgen kann. Hier können Störungsmanagementsysteme Abhilfe schaffen.

Herausforderung beim Nachrüsten von Produktionsanlagen

Die Nachrüstung von Störungsmanagementsystemen an bestehenden Produktionsanlagen ist problematisch, da in der Regel Eingriffe und Änderungen an der Software der Maschinensteuerungen durchgeführt werden müssen. Mögliche Haftungsfragen oder Einschränkungen in der Garantie führen häufig dazu, dass der Aufwand für den Betreiber der Produktionsanlagen zu hoch oder nicht kalkulierbar ist.

Vor diesem Hintergrund wurde in Zusammenarbeit mit einem Großunternehmen der chemischen Industrie ein Konzept entwickelt, das die Implementierung eines Störungsmanagementsystems an bestehenden Anlagen erlaubt, ohne Eingriffe in die Software der Steuerungssysteme durchführen zu müssen.

Zielsetzung

Ziel des Projekts war die Entwicklung eines schlanken, bedarfsorientierten und kostengünstigen Konzepts für die Stördatenerfassung und –analyse an bereits bestehenden Produktionsanlagen sowie dessen prototypische Umsetzung. Dieses System



Bild 2: Struktur des Störungsmanagementsystems



Bild 1: Plattform für prototypische Implementierung

kann den Betreiber (Maschinenbediener, Servicetechniker, Produktionsleiter) gezielt bei der Erfassung und Bewertung von Störungen unterstützen.
Um diesen Ansprüchen zu genügen, sollten moderne Kommunikationstechnologien (Vernetzung der Produktionsanlagen mit Industrial Ethernet) und bewährte und offene Technologien und Standards aus dem Bereich der Webtechnologien eingesetzt werden. Empfehlenswert ist außerdem die Verwendung von Open Source Entwicklungstools.

Als Plattform für die prototypische Implementierung des Konzepts wurde die PROFINET Test- und Trainingszelle am Institut für Automation & Industrial IT genutzt.

Lösungskonzept

Im Vordergrund der Entwicklung stand die zeitlich und inhaltlich exakte Erfassung der Ursachen für Anlagenstillstände. Die Erfassung, Speicherung und Auswertung der Fehlerursachen erfolgt durch ein rollenbasierte Konzept (Bild 2).

Dabei wird das Bedienpersonal bewusst als wichtige Informationsquelle mit bei der Erfassung der Ursachen für die Anlagenstillstände berücksichtigt. Während die Erkennung und Erfassung von Stillständen einer Anlage automatisch durch das System erfolgt, übernimmt das Bedienpersonal die Qualifizierung der Fehlerursachen und Betriebszustände. Als Hilfestellung bietet das System dem Anwender hierzu über ein webbasiertes Bedieninterface eine vordefinierte Auswahl von Ursachen an, die individuell erweitert werden können. Die bei der



Erfassung gewonnenen Daten werden in einer zentralen Datenbank gespeichert und erlauben somit jederzeit eine aktuelle Auswertung der Betriebszustände und Stillstandsursachen (Bild 3).

Damit das System betriebsrelevante Daten liefert, wurde beim Grundkonzept des Systems ein strukturiertes Zeitmodell zu Unterscheidung der Betriebszustände industrieller Anlagen verwendet. Dieses Zeitmodell orientiert sich stark an der in der industriellen Praxis anerkannten VDI-Richtlinie zur Bewertung der Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen (VDI 3423). Dadurch lassen sich aus den gewonnenen Daten automatisch aussagekräftige Kennzahlen ermitteln. Eine wesentliche Kennzahl stellt dabei die Anlagenverfügbarkeit dar (Bild 4)

Das Störungsmanagementsystem ist unter der Prämisse entworfen worden, dass es in Verbindung mit bereits laufenden Produktionsanlagen verwendet wird. Für den Einsatz des Systems werden daher keine Eingriffe oder Manipulationen am Programmablauf der Anlagenautomatisierung vorausgesetzt. Pro Anlage wird lediglich ein über die Maschinensteuerung abrufbares Steuersignal vorausgesetzt, aus dem der produktive und nicht-produktive Betriebszustand einer Anlage abgeleitet werden kann (z.B. Betriebsart).

Webbasierte Bedienerschnittstelle

Die Bedienerschnittstelle (HMI) des Störungsmanagementsystems basiert vollständig auf bewährten, offenen Technologien und Standards aus dem Bereich der Webtechnologien. Während die komplette Logik auf einem zentralen Webserver ausgeführt wird, erfolgt beim Anwender „vor Ort" nur die Anzeige in einem Thin Client. Idealerweise handelt es sich hierbei um einen Webbrowser. Dadurch können ggf. bereits vorhandene Standard-PCs oder kostengünstige Kompaktrechner für den Betrieb der HMI eingesetzt werden. Die entwickelte webbasierte HMI (Ausschnitt in Bild 5) hat den Vorteil, dass auf den Rechnern außer einem aktuellen Browser keinerlei Konfigurationen erforderlich sind. Zusätzliche Lizenzen oder Konfigurationen sind daher nicht erforderlich.

Zugriff auf Prozessvariablen

Für den Zugriff auf die Prozessdaten in der Maschinensteuerung setzt das Störungsmanagementsystem auf die in der Automatisierungswelt weit verbreitete OPC-Schnittstelle auf. Dabei wird ein OPC-Server in Verbindung mit einem eigens erstellten OPC-Client eingesetzt. Der OPC-Client übernimmt die Auswertung von Wertänderungen der Prozessvariablen sowie die Erfassung und Speicherung der Betriebszustände in der Datenbank.

Ausblick

Die Architektur des Störungsmanagementsystems wurde komponentenbasiert entworfen. Dies begünstigt zukünftige Erweiterungen des Systems um zusätzliche Funktionen und Module. Eine Ergänzung des Systems um Schnittstellen für die Ermittlung von Qualitäts- und Leistungsdaten ermöglicht die Bestimmung der Gesamtanlageneffektivität (OEE).

Frithjof Klasen

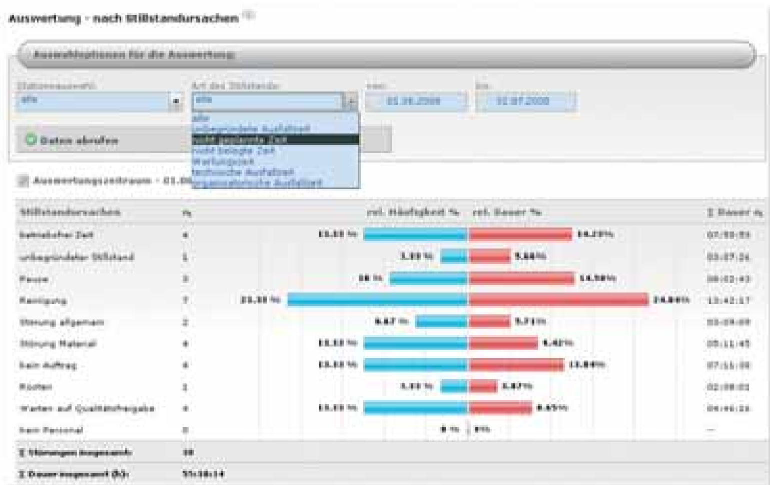


Bild 3: Beispiel für die Auswertung der Stillstandsursachen



Bild 4: Beispiel für die Auswertung von Betriebszuständen

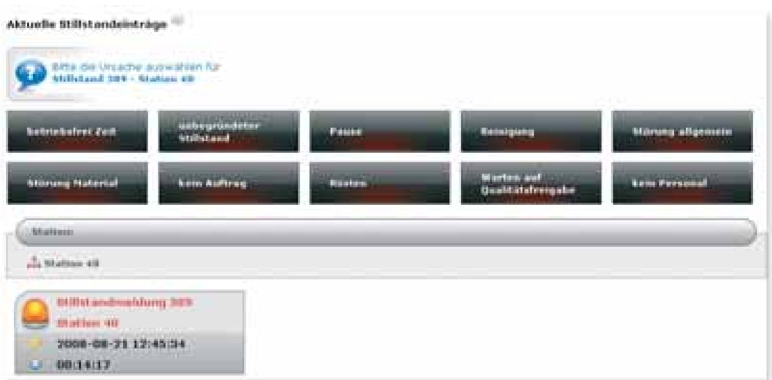


Bild 5: Ausschnitt der Bedienerschnittstelle für die Angabe von Störungsursachen

Abstract

Um die Effizienz von Industrieanlagen zu optimieren, ist es von zentraler Bedeutung, die Ursachen für Stillstände systematisch zu erfassen. Das entwickelte Störungsmanagementsystem erlaubt die Integration in bestehende Anlagen, ohne Eingriffe in die Software der Maschinensteuerungen durchführen zu müssen. Das Zeitmodell zur Erfassung und Darstellung der Anlagenbetriebszustände orientiert sich dabei an der in der industriellen Praxis anerkannten VDI-Richtlinie zur Bewertung der Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen (VDI 3423).

Projektleitung

Prof. Dr. Frithjof Klasen
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
frithjof.klasen@fh-koeln.de

WEBMATION – Webtechnologien in der Automation

Der Einsatz von Web-Technologien in Automatisierungsanwendungen nimmt sprunghaft an Bedeutung zu. Dieses hochaktuelle und interdisziplinäre Technologiefeld kann sich zu einem Erfolgsfaktor für die deutsche Automatisierungsindustrie entwickeln. Allerdings stehen den erwarteten Kostenvorteilen durch Nutzung einer flexiblen, standardisierten Kommunikationsinfrastruktur und bekannter Bedientechniken neue Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb von Automatisierungsanlagen gegenüber. Die Übertragbarkeit von Lösungen aus der klassischen IT-Welt ist aufgrund der speziellen Anforderungen der Automatisierungstechnik begrenzt. Der Reifegrad von industriellen Lösungen in diesem Bereich ist teilweise noch unvollkommen und geprägt von Teillösungen.

Gemeinsam mit dem Institut für Automation & Industrial IT der Fachhochschule Köln und der TU Dresden haben führende Unternehmen der elektrischen Automatisierungstechnik daher 2006 das Forschungsprojekt ‚WEBMATION' (WEB in autoMATION) gestartet. Begleitet vom ZVEI-Arbeitskreis Systemaspekte wird in Kooperation mit den Industriefirmen ABB, CodeWrights, Harting, Phoenix Contact, Schneider Electric und Siemens der Einsatz von Web-Technologien in modernen Automatisierungslösungen untersucht und bewertet (Bild 1). Besonders berücksichtigt werden dabei die Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Visualisierung, der Machine-to-Machine-(M2M)-Kommunikation, der Gerätebeschreibungen sowie im Zusammenhang mit Security-Lösungen.

Das Vorhaben wendet sich mit seinen Ergebnissen sowohl an Hersteller der Automatisierungsbranche als auch an Betreiber von Produktionsanlagen. Die Ergebnisse des Projekts sollen Hersteller und Anwender von Automatisierungstechnik beim Einsatz von Web-Technologien in der Automatisierung unterstützen und helfen, die damit verbundenen Herausforderungen möglichst kostengünstig beherrschen zu können. Typische Anwendungen von Web-Technologien finden sich heute beispielsweise bereits bei Steuerungen, die mit einem Webbrowser bedient werden können oder bei bei XML-basierter Kommunikation zwischen Steuerungen und Geräten.

Die Federführung des Projektes liegt beim Institut für Automation & Industrial IT der Fachhochschule Köln (Prof. Dr. Frithjof Klasen). Das Institut betreibt unter der Leitung von Prof. Klasen seit mehreren Jahren das Zentrum für Webtechnologien in der Automation – ein Kompetenz- und Dienstleistungszentrum der FH Köln. Es hat sich als eine der wenigen Einrichtungen im Bundesgebiet auf die Entwicklung und den Einsatz derartiger Technologien spezialisiert.



Bild 1: Forschungspartner und Mitglieder des ZVEI Arbeitskreis Systemaspekte

Das Projekt wird gefördert vom Innovationsministerium NRW (MIWFT – Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-westfalen).

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes WEBMATION
Aufgabenstellung war es, die Möglichkeiten und Grenzen von Web-Technologien in der Fertigungs- und Prozessautomation anhand konkreter Einsatzszenarien zu untersuchen.
Es zeigt sich, dass die Vielfalt der in der Kommunikationstechnik entwickelten Web-Technologien Chancen eröffnet und die Einsatzmöglichkeiten zugleich begrenzt, so das Ergebnis des zweijährigen Forschungsprojekts.
Es gibt eine Vielzahl von Web-Technologien, die auf unterschiedlichsten Architekturen basieren, unterschiedlichste Funktionalitäten unterstützen und unterschiedlichste Anforderungen an die Systeme stellen. Web-Technologien kommen bereits heute bei der Inbetriebnahme, beispielsweise zur Parametrierung von Geräten, zum Einsatz. Zudem werden Webtechnologien im Rahmen der Wartung und insbesondere auch im Rahmen der Fernwartung zu Diagnosezwecken genutzt. Ebenfalls am Markt befinden sich heute bereits komplette Prozessleitsysteme, die auf Basis von Web-Technologien realisiert sind.

Die Übertragbarkeit von Lösungen aus der klassischen IT-Welt ist jedoch aufgrund der speziellen Anforderungen der Automatisierungstechnik begrenzt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde daher zunächst ein Leitfaden für die Bewertung und Implementierung der Web-Technologien für Automatisierungsanwendungen entwickelt. Eine Knowledge-Map-Datenbank, sowie zahlreiche Musterimplementierungen für unterschiedlichste Technologiekombinationen wurden erarbeitet und für die interessierte Fachöffentlichkeit auf dem Informationsportal des Projekts unter www.webmation.eu veröffentlicht.



Bild 2

Zu den zentralen Entwicklungsergebnissen zählen Musterapplikationen, die auf der im Internet betriebenen Technologiefarm bereitgestellt werden. Interessenten können die Technologien und deren Zusammenspiel dort online erproben (Bild 2).

Bereits heute angebotene Lösungen von Harting, Phoenix Contact, Schneider Electric und Siemens ergänzen die Technologiefarm. (Bilder 3 bis 6)

Was den Einsatz von Web-Technologien in der Automatisierungstechnik anbelangt, ist der ZVEI-Fachverband Automation überzeugt: Der Einfluss der Web-Technologien in Automatisierungsanwendungen wird ein erheblicher Erfolgs- oder Misserfolgsfaktor für die deutsche Automatisierungsindustrie sein – abhängig davon, ob die Weichen frühzeitig in die richtige Richtung gestellt werden. „Für viele Hersteller, aber auch Betreiber stehen Entscheidungen an, die Systeme und Geräte nachhaltig beeinflussen werden", so Dr.-Ing. Reinhard Hüppe, Geschäftsführer des ZVEI-Fachverbands Automation.

Die zentralen Projektergebnisse wurden im Februar 2008 im Rahmen eines Industrieforums am Campus Gummersbach der Fachhochschule Köln vorgestellt und im November 2008 auf der Industriemesse SPS/IPC/DRIVES präsentiert.

Ausblick

Von industrieller Seite besteht großes Interesse an einer Fortsetzung der Arbeiten des zwischenzeitlich abgeschlossenen Projektes Webmation. Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs soll das Projekt mit neuen Forschungs- und Anwendungsschwerpunkten im Bereich Web 2.0, Security und M2M-Kommunikation fortgesetzt werden. Als neue Partner der Technologiefarm konnten bereits die Firmen Weidmüller, WAGO und Tyko Electronics gewonnen werden.

Frithjof Klasen



Bilder 3 bis 6

Abstract

Das Forschungsprojekt „WEBMATION" startete 2006 in Kooperation mit Partnern aus der Industrie, von Hochschulen und Fachverbänden unter Federführung des Instituts für Automation & Industrial IT der Fachhochschule Köln. Untersucht und bewertet wird der Einsatz von Web-Technologien in modernen Automatisierungslösungen. Die Projektergebnisse werden über eine internetfähige Technologie-Farm am Institut für Automation & Industrial IT bereitgestellt, die es den Interessenten erlaubt, beispielhaft die Wirkungen und das Verhalten der verschiedenen Web-Technologien zu erproben. Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs wird das Projekt mit neuen Forschungs- und Anwendungsschwerpunkten im Bereich Web 2.0 fortgesetzt. Weitere Informationen unter www.webmation.eu.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Frithjof Klasen
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation und Industrial IT
frithjof.klasen@fh-koeln.de

Projektpartner

ABB
CodeWrights
Harting
Phoenix Contact
Schneider Electric
Siemens
TU Dresden
ZVEI

Weitere Partner der Technologiefarm

Weidmüller
WAGO
Tyco Electronics

Reinforcement Learning für strategische Brettspiele

Zielsetzung
Computerprogramme, die gute Gegenspieler in strategischen Brettspielen sind, gehören schon seit Jahren zum Forschungsgegenstand der Künstlichen Intelligenz, und es wurden hier auch beachtliche Erfolge erzielt.[1] Allerdings sind die Programme in der Regel von menschlichen Experten mit viel Erfahrung im jeweiligen Spiel entwickelt, haben Bibliotheken erfolgreicher Spiele eingebaut oder sie verfolgen mehr oder weniger aufwändige Suchstrategien. Jedes neue Spiel bedeutet dann wieder einen völlig neuen Analyse- und Codierungsaufwand.

Ein generischerer Ansatz bestünde darin, wenn ein Programm durch „try & error" aus der Beobachtung und Durchführung zahlreicher Spielverläufe selbst lernen kann, was die besten Strategien sind. Wenn ein solcher Ansatz gelingt, so ist er viel besser auf andere strategische Situationen übertragbar. Das Forscherteam verfolgt in diesem Projekt einen anderen Ansatz, der die Bedingungen für das Lernen an sich erforscht: Wie lässt sich erreichen, dass ein Computer ohne Strategiewissen sukzessive besser lernt, sich in einem solchen für ihn neuen Spiel zu behaupten, allein durch das Spielen gegen sich selbst, zum Teil gemischt mit dem zufälligen Ausprobieren neuer Spielzüge? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Lernen hier möglich ist?

Reinforcement Learning
Reinforcement Learning (RL, dt.: Bestärkendes Lernen) ist eine mächtige Optimierungsmethode für komplexe Probleme. Es hat besonders dann seine Vorteile, wenn nicht für jede einzelne Aktion eine Belohnung gegeben werden kann, sondern erst später, nach einer Sequenz von Aktionen. Dies ist typischerweise bei Brettspielen der Fall.

Temporal Difference (TD) Learning ist eine Variante des Reinforcement Learning, die durch Sutton und Barto [1] entwickelt wurde und mit Tesauro's TD-Gammon [2], einem selbstlernenden Computerprogramm, das das Spiel Backgammon auf Weltklasseniveau spielt, große Popularität erlangt hat. Trotz dieses Anfangserfolges stellte sich in späteren Anwendungen das TD Learning oft als schwierig heraus, da es für andere Spiele oder leicht andere Randbedingungen keine guten Ergebnisse erzielte.

Das Forschungsprojekt soll die Bedingungen für den Erfolg oder Misserfolg von TD-Anwendungen genauer erfassen. Die grundlegenden Algorithmen für selbstlernende TD-Agenten in Brettspielen sind in [3] detailliert beschrieben.

[1] Beispielsweise mit dem Fritz-Schachprogramm (www.chessbase.de), das sich bereits in Turnieren gegen menschliche Schachweltmeister behauptet hat.

Die Bedeutung von Merkmalen
Der Start lag in Anwendung von TD-Algorithmen auf sehr einfache Spiele wie Nim-3 oder TicTacToe, um die Bedingungen für gutes Lernen zu testen.[2] Genauere Details zu den Untersuchungen sind in [4] nachzulesen.

Überraschenderweise stellte es sich heraus, dass es selbst für ein fast triviales Spiel wie Nim-3 von zentraler Bedeutung ist, welche Merkmale dem lernenden TD-Agenten angeboten werden:

- Sieht der TD-Agent Merkmale, die eine hohe Korrelation mit der Gewinnwahrscheinlichkeit haben, so kann er dies sehr schnell lernen, auch wenn er dieses Merkmal aus einer möglicherweise großen Anzahl von weniger relevanten oder irrelevanten Merkmalen herausfiltern muss.
- Bekommt der Agent die logisch äquivalente Information in einer Form dargeboten, die zwar im Prinzip genauso gut auf Gewinn oder Verlust schließen lässt, dazu jedoch eine Verknüpfung zweier dargebotener Merkmale erfordert, so fällt das Lernen deutliche schwerer oder ist sogar praktisch unmöglich.

Dies ist deshalb überraschend, weil die Verknüpfung im zweiten Merkmalssatz „eigentlich" eine einfache Erweiterung darstellt, die durch ein neuronales Netz einfach zu lernen sein sollte. Tatsächlich jedoch stellt sich heraus, dass dieses Konzept schwer zu erlernen ist, weil die Belohnung im bestärkenden Lernen verzögert erfolgt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in Abb. 1 dargestellt.

Ein ähnliches Verhalten zeigt sich bei dem bekannten Spiel TicTacToe (Abb. 2). Dies gehört auch noch zu den relativ einfachen Spielen, da es nur ca. 5.600 verschiedene Spielzustände gibt. Auch hier lernt TD-Agent des Projekts [4], der zahlreiche Merkmale angeboten bekommt, deutlich schneller (um den Faktor 100) als ein TD-Agent aus der Literatur [5], welcher nur die Spielbrettkonfiguration als Input erhält.

Inzwischen arbeiten die Forscher an dem anspruchsvolleren Brettspiel „Vier gewinnt" (Connect-4), bei dem die Zahl der Spielzustände bei über 10^{14} liegt. Dieses Brettspiel war schon Gegenstand verschiedener Diplomarbeiten an der FH Köln [6][7][8], die das Problem ohne TD-Learning bearbeiteten, sowie einer aktuellen Diplomarbeit [9], die erstmalig einen TD-Agenten einsetzt. Der TD-Agent kann bereits bestimmte Endspiele erlernen, es fehlt allerdings noch der Einsatz von Merkmalen. Das Spielverhalten des TD-Agenten ist daher noch lange nicht optimal, wenngleich er gegen einen zufällig ziehenden Agenten sicher gewinnt.

Ausblick
Eine weitere Ausgestaltung des TD-Learning-Agenten für Connect4 ist geplant. Es sollen insbesondere Merkmale in den TD-Lernvorgang mit eingebracht werden. Hierbei ist die Frage der Evaluation, d.h. welche Merkmale für TD-Learning besonders geeignet sind, von großer Bedeutung.
Für die allgemeine Herangehensweise an strategische Lernsituationen mit einer hohen kombinatorischen Vielfalt von Zuständen ist es interessant, ein generisches Vorgehen zur Gewinnung von Merkmalen zu besitzen. Hierfür erscheinen NTupel-Systeme [10] besonders geeignet, deren Nutzen für TD-Learning in einem beantragten Forschungsprojekt SOMA (Systematische Optimierung von Modellen in Informatik und Automatisierungstechnik) untersuchen werden soll.

[2] Nim-3 ist ein fast triviales Spiel, bei dem M Spielsteine auf dem Tisch liegen und jeder Spieler 1, 2 oder 3 Steine nehmen darf. Ziel ist es, den letzten Stein zu bekommen. Dies gelingt dann, wenn man dem Gegner eine Anzahl von Steinen übrig lässt, die durch 4 teilbar ist.

Teile dieser Arbeit wurden durch die FH Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunktes COSA gefördert.

Wolfgang Konen

Literatur

[1] Richard S. Sutton, Andrew G. Barto: Reinforcement Learning - An Introduction. MIT Press, Cambridge, 1998.
[2] Gerald Tesauro: Temporal Difference Learning and TD-Gammon, C*ommunications of the ACM,* March 1995 / Vol. 38, No. 3.
[3] W. Konen: Reinforcement Learning für Brettspiele: Der Temporal Difference Algorithmus, Techn. Report, Institut für Informatik, FH Köln, Okt. 2008. (PDF)
[4] W. Konen, T. Bartz-Beielstein: Reinforcement Learning: Insights from Interesting Failures in Parameter Selection. In: G. Rudolph et al. (ed.), 10th International Conference on Parallel Problem Solving From Nature (PPSN2008), Dortmund, September 2008, p. 478-487, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5199, Springer, Berlin, 2008. (PDF)
[5] M. Stenmark: Synthesizing Board Evaluation Functions for Connect4 using Machine Learning Techniques, Master Thesis, Department of Computer Science, Østfold University College, Norway, July 2005.
[6] T. Wende: ***Entwurf und Anwendung künstlicher neuronaler Netze zum Lernen strategischer Brettspiele***, Diplomarbeit, FH Köln, Okt 2003.
[7] T. Rudolph: ***Konzeption einer Entwicklungsumgebung lernender KNN für strategische Spiele***, Diplomarbeit, FH Köln, Sept 2003.
[8] A. Klassen: ***Evaluation der Einsetzbarkeit lernfähiger neuronaler Netze für das strategische Brettspiel „4-Gewinnt"***, Bachelorarbeit, FH Köln, Feb 2005.
[9] J. Schwenck, ***Einsatz von Reinforcement Learning für strategische Brettspiele am Beispiel von „4-Gewinnt"***, Diplomarbeit, FH Köln, Okt 2008.
[10] W. Bledsoe, I. Browning: Pattern recognition and reading by machine. In: Proceedings of the EJCC, pp. 225 232, 1959.

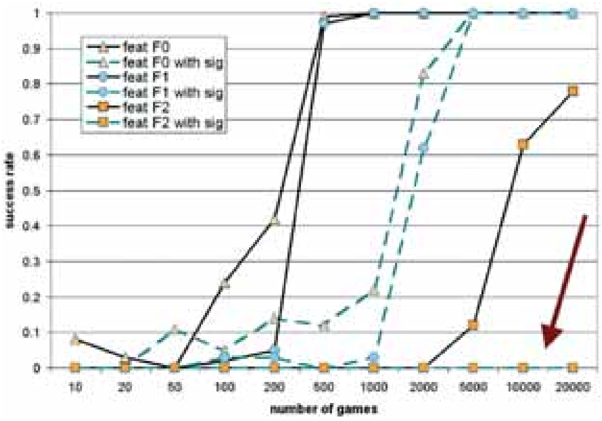


Abb. 1: Lernerfolg des TD-Agenten im Spiel Nim-3. Die horizontale Achse zeigt die Anzahl der Trainingsspiele in logarithmischer Darstellung, die vertikale Achse die Erfolgsrate eines trainierten TD-Agenten. In Abhängigkeit von den Merkmalen (Feature Set F0 und F1: einfache Kodierung, vs. Feature Set F2: logische Verknüpfung erforderlich) steigt die Erfolgsrate bei F0, F1 entweder schnell an oder sie steigt bei F2 nur sehr langsam oder gar nicht (roter Pfeil) an. [„with sig" bedeutet, dass das Output-Neuron eine Sigmoidfunktion benutzt.]

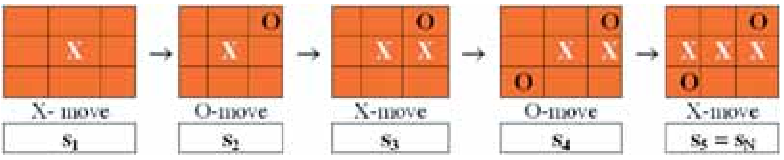


Abb. 2: Ein beispielhafter Spielverlauf im Spiel TicTacToe, bei dem jeder Spieler versucht, drei Spielsteine in einer Reihe (horizontal, vertikal oder diagonal) zu platzieren.

Abstract

Merkmale bestimmen den Lernerfolg des Computers

Reinforcement Learning (bestärkendes Lernen) ist eine wichtige Lernmethode für Anwendungen, in denen eine Belohnung erst zeitverzögert erfolgt, wie zum Beispiel bei Brettspielen. Die Studie zeigt, dass es selbst für einfache Brettspiele sehr stark von den Merkmalen abhängt, ob und wie schnell ein Lernerfolg eintritt. Schlecht gewählte Merkmale können den Lernprozess verhindern, geeignet gewählte Merkmale können ihn dagegen um den Faktor 100 beschleunigen.

Projektleitung

Prof. Dr. Wolfgang Konen
wolfgang.konen@fh-koeln.de

Projektbeteiligter

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de

Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik



WASSER – ENERGIE – UMWELT

CLUSTER 7

Simulation und Betriebsoptimierung einer kommunalen Technikums-Membrankläranlage

Membrankläranlagen sind eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Belebungsanlagen, denn sie erreichen eine bessere Reinigungsleistung und sie benötigen deutlich weniger Platz.
Der Markterfolg dieser Anlagen wird heute noch durch vergleichsweise hohe Betriebskosten behindert, denn ihr Betrieb erfordert im Vergleich zur herkömmlichen Technik fast die doppelte Menge an elektrischer Energie. Die Filtration des Abwassers mit Hilfe der Membran ist der für Energieverbrauch und Effektivität entscheidende Prozess, im praktischen Einsatz ist hierbei ein komplexes Optimierungsproblem zu lösen. Die Membranfiltration sollte aus Effektivitätsgründen möglichst lange Betriebszeiten aufweisen, andererseits sind im Abstand von wenigen Minuten sogenannte Relaxationszeiten erforderlich, in denen sich die Membran entspannt (relaxiert) und in denen an der Oberfläche anhaftende Schmutzpartikel abgetragen werden. Zu häufige und zu lange Relaxationen reduzieren die Betriebszeiten und damit den mittleren Durchsatz, zu geringe Relaxationen erhöhen wiederum den Druckverlust an der Membran, was ebenfalls den Durchsatz verringert.

Schlüssel für den wirtschaftlichen Betrieb der Membrantechnik ist die Minimierung des Energieverbrauches, entsprechend wichtig ist es, mit optimal eingestellten Betriebs- und Relaxationszeiten den Durchsatz zu maximieren.
Hierzu kann die Simulation einen entscheidenden Beitrag leisten, denn unterschiedliche Betriebsparameter lassen sich in der Computersimulation schneller und ohne Gefährdung der realen Anlage testen und optimieren. Auch der Einfluss der Parameter auf Durchsatz und Reinigungsleistung ist per Simulation oft klarer zu identifizieren als im praktischen Versuch.
Die experimentelle Prüfung zeigt die Güte des Modells, woraus auf die Brauchbarkeit der Simulationsergebnisse zu schließen ist.



Abb. 1: Membranbioreaktor

Quelle: Aggerverband

In der hier beschriebenen Arbeit wurde das Simulationsmodell einer Membranbelebungsanlage, insbesondere das Belebungsbecken, aufgebaut und das Betriebsverhalten optimiert. Mit Hilfe des erstellten und kalibrierten Modells sollte die Regeneration der Membran verbessert werden. Die gewonnenen Ergebnisse wurden dann in Zusammenarbeit mit dem Aggerverband auf der Aggerwasser Technikums-Membrankläranlage Seelscheid in einem kurzen Testzeitraum von ca. einer Woche praktisch erprobt.

Technikums-Membranbelebungsanlage

Für die Modellierung und Betriebsoptimierung stellte der Aggerverband die Technikums-Membranbelebungsanlage der Firma AV Aggerwasser GmbH zur Verfügung, mit der die Ergebnisse in der Praxis überprüft werden konnten. Das Besondere an dieser Anlage ist, dass dort die gleichen Plattenmembranen vom Typ EK 400 der Firma Kubota verwendet werden, wie es auch in der Membrankläranlage Seelscheid der Fall ist. Somit lassen sich Rückschlüsse auf das Betriebsverhalten der großen Anlage ziehen.

Das Becken der Technikumsanlage besitzt ein Volumen von 58 m^3 und ist in eine Denitrifikationszone und in eine Nitrifikationszone mit jeweils 29 m^3 Volumen aufgeteilt. Zwischen den beiden Zonen befindet sich eine Trennwand, die durch eine mittig gelegene Öffnung am unteren Beckenbodenrand die beiden Zonen verbindet. Eine automatische Abfuhr des Überschussschlammes, der ab einer vorgewählten Biomassekonzentration oder über das Schlammalter ausgesondert wird, gibt es aufgrund der geringen Beckengröße nicht. Bei Bedarf wird dieser manuell abgezogen.

Abb. 1 zeigt ein getauchtes Doppelstock-Modul mit 320 m^2 Membranfläche und einer Crossflow Belüftung im Nitrifikationsbecken. Ein Relaxations-Zyklus wird mit neun Minuten Filtration und einer Minute Pause vollzogen, entsprechend dem Vorgang an der Kläranlage in Seelscheid. Um die transmembrane Druckdifferenz zu erzeugen, wurden zwei Permeatpumpen installiert, die für einen Permeat-Durchfluss von 5 m^3/h sorgen. Nach der Filtration wird das Permeat in die Denitrifikationszone der Membrankläranlage Seelscheid überführt, so dass auch im Fehlerfall der Technikumsanlage keine Gefahr für die Umwelt besteht.

Das Simulationsmodell

Für die Entwicklung des dynamischen Simulationsmodells der Technikumsanlage wurde die kommerzielle Simulationssoftware GPS-X[1] verwendet, welche speziell für die Anforderungen der kommunalen und industriellen Abwasserbehandlung entwickelt worden ist.
Diese Software verfügt bereits von Haus aus über ein Membranbioreaktor-Modul in den Varianten Röhrenreaktor oder Rührkesselreaktor. Im Falle der zu simulierenden Technikumsanlage Aggerwasser in Seelscheid wurde ein Röhrenreaktor mit dem „Actived Sludge Model No. 1" (ASM 1) eingesetzt.

[1] GPS-X: Hersteller Hydromantis – Homepage: http://www.hydromantis.com/

ASM 1 beschreibt die CSB-Elimination sowie die Stickstoffelimination (Nitrifikation und Denitrifikation) in Belebtschlammsystemen mit den wesentlichen biologischen, physikalischen, biochemischen und chemischen Prozesseigenschaften in Abhängigkeit des variablen Zuflusses. Dieser Modellansatz wurde wegen des weniger komplexen Aufbaus im Verhältnis zu anderen üblichen Modellansätzen, wie zum Beispiel dem ASM 3, ausgewählt. Somit wird der Rechenaufwand für die Parameteroptimierung des Simulationsmodells, im Vergleich zu komplexeren Modellansätzen, reduziert.
Der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) sowie der Total-Kjeldahl-Stickstoff (TKN) wurden im Rahmen des „Kläranlage-Routine-Untersuchungs-Programmes" in einer biologischen und chemischen Untersuchung des Aggerverbandes analysiert und dokumentiert. Aus diesem Grund waren alle benötigten Parameter für den Aufbau eines Simulationsmodells vorhanden und konnten mit 24 Stunden- Mischproben-Datensätzen verglichen werden.

Es wurde ein Röhrenreaktor (MBR) verwendet (Abb. 2), der in zwei Denitrifikationszonen (Zone 1 und Zone 2) mit jeweils 14,5 m^3 sowie in eine Nitrifikationszone (Zone 3) mit einem Volumen von 29 m^3 parametriert wurde. Der Rücklaufschlamm wurde intern von Zone 3 in Zone 1 geleitet und der Zulauf auf Zone 1 gelegt. Über das Modul „Schieber 3" wurde der Zulauf zum MBR in Abhängigkeit vom Füllstand geregelt. Der Überschussschlamm, in der Abb. als „Schlamm" bezeichnet, die Entlastung „AbMBR" sowie der nicht benötigte Zulauf wurden zurück zur Kläranlage transportiert. Wie bereits beschrieben, existiert in der Realität keine automatische Abfuhr des Überschussschlammes. Dies musste im Simulationsmodell jedoch integriert werden, da ansonsten die Biologie in der Simulation bei zu hoher Trockensubstanz (TS) nicht mehr arbeitete und somit zu nicht verwertbaren Ergebnissen führte.

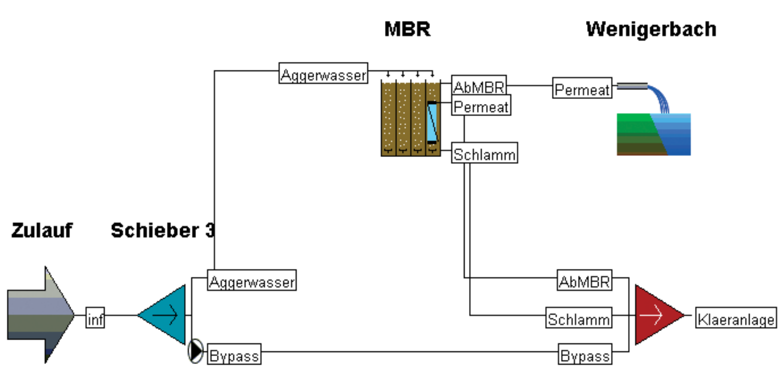


Abb. 2: Erstelltes Simulationsmodell für Technikumsanlage

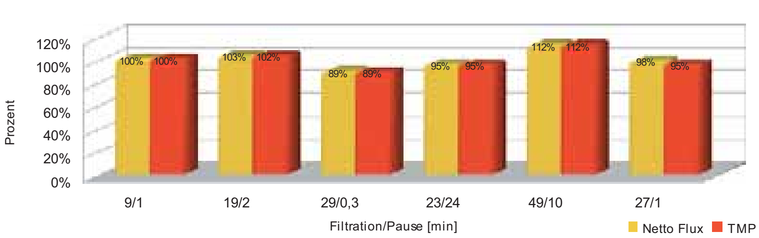


Abb. 3: TMP und Netto-Flux im Vergleich

	CSB	NH_4-N	TKN	N_{ges}
Biologische und chemische Untersuchung	97 %	97 %	97 %	94 %
Simulationsmodell	97 %	96 %	97 %	87 %

Tabelle 1: Vergleich Elimination

Kalibrierung des Simulationsmodells

Um das Modell an die reale Anlage anzugleichen, mussten abweichende Modellparameter optimiert werden. Für diesen Zweck wurde die Nelder-Mead Simplex Methode verwendet, welche bereits in GPS-X integriert ist. Dieser Simplex-Algorithmus ist eine Methode zur Optimierung nichtlinearer Funktionen mehrerer Parameter. Die Besonderheit dabei ist, dass dieser ohne Ableitung der Funktion nach den Parametern auskommt. Als Zielfunktion wurde die Maximum-Likelihood-Funktion zur Parameterschätzung verwendet, da es hiermit möglich ist, eine genaue Schätzung der Funktionswerte auf Grundlage von Stichproben zu erreichen.
Die Ergebnisse dieser Kalibrierung wurden mit der biologischen und chemischen Untersuchung verglichen. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zwischen den ausgewerteten Daten an Hand der erreichten prozentualen Reinigungsleistung mit den experimentellen Ergebnissen, wobei für die Parameter CSB und TKN eine sehr gute Übereinstimmung erzielt wurde.

NH_4-N und N_{ges} unterscheiden sich zwar in der biologischen und chemischen Untersuchung, können aber noch als gut bewertet werden. Trotz umfangreicher Optimierungen ließ sich eine weitere Annäherung an die Werte der Untersuchung nicht erreichen ohne andere Parameter zu verschlechtern. Aus diesem Grund wurden die erzielten Ergebnisse als Grundlage für die Relaxations-Optimierung verwendet.

Netto-Flux-Optimierung anhand der Relaxation

Nachdem das Simulationsmodell auf das Betriebsverhalten hin kalibriert wurde, konnte mit Hilfe des heuristischen Optimierungsverfahrens „Genetische Algorithmen" (GA) die Relaxation optimiert werden. Zu diesem Zweck wurde eine direkte Datenschnittstelle von GPS-X zu Matlab entwickelt. Auf diese Weise konnte die „Genetic Algorithm and Direct Search" Toolbox in Matlab verwendet werden, welche das Simulationsmodell in GPS-X mit den jeweils ermittelten Parametern für die nächste Iteration aufruft.

Abb. 3 zeigt einen Vergleich des Transmembrandrucks (TMP) sowie des Netto-Flux für verschiedene Filtrations- und Pausen-Zeiten, welche bei den Optimierungen ermittelt wurden. Die ursprünglichen neun Minuten Filtration und eine Minute Pause wurden als 100 Prozent definiert. Das bedeutet, dass eine Relaxation mit einem prozentual höheren Netto-Flux besser und ein prozentual größerer TMP schlechter ist. Das Ziel dieser Auswertung war, einen besseren Flux mit geringerer transmembraner Druckdifferenz zu erreichen.

Das globale Optimum der Relaxation konnte einen gleichbleibenden Zuwachs der beiden Parameter verzeichnen. Eine besondere Schwierigkeit war die Bewertung des Optimums zwischen TMP und Flux. Zwar wird die Anlage mit einem höheren Flux besser genutzt,

durch kleinere Zyklen der Hauptreinigung fallen für den Betreiber jedoch höhere Kosten an. Welche Parameter höhere Priorität besitzen, muss der Betreiber einer Membranbelebungsanlage eigenständig festlegen.

Praktische Erprobung der Netto-Flux-Optimierung

Für den praktischen Test der besten Ergebnisse der GA-Optimierung stellte der Aggerverband die Technikumsanlage Aggerwasser im Zeitraum vom 18.04.2008 bis zum 29.04.2008 zur Verfügung. In den ersten fünf Tagen wurde die Anlage mit einer Relaxation von neun Minuten Filtration und einer Minute Pause betrieben. In den darauf folgenden sechs Tagen wurde ein Versuch mit einer Relaxation von neunzehn Minuten Filtration und zwei Minuten Pause durchgeführt. Die für den Versuch verwendete Relaxation war, wie in Abb. 3 zu sehen ist, nicht das absolute Optimum der GA-Optimierung, da es seitens der Betreiber Bedenken gab, ob solche Ergebnisse in der Realität umsetzbar seien. Aus diesem Grund entschied man sich für eine Relaxation mit neunzehn Minuten Filtration und zwei Minuten Pause.

In Abb. 4 wird der Verlauf der TMP während des gesamten Zeitraumes dargestellt. Damit ein übersichtliches Diagramm erreicht werden konnte, wurden nur die Messpunkte über 17 mbar angezeigt. Mittels einer linearen Regression im Zeitraum vom 18.04.2008 bis 23.04.2008 wurde ein TMP-Anstieg von 0,7 mbar und im Zeitraum vom 23.04.2008 bis zum 29.04.2008 ein Anstieg von 1,7 mbar festgestellt.

Dieser Anstieg war mit einer stärkeren Deckschicht-Ausprägung auf der Membran zu erklären. Durch die gleich bleibende Belüftung während der neuen Relaxation, wurde mit einem vorerst größeren Anstieg der transmembranen Druckdifferenz gerechnet, die sich jedoch mit fortlaufender Zeit auf einem gewissen Niveau einstellte. Dieses Niveau wurde bei der realen Messung am 27.04.2008 erreicht. Ab diesem Zeitpunkt stieg die transmembrane Druckdifferenz bis zum 29.04.2008 nur noch um 0,58 mbar an.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch zukünftig mit einem normalen Wachstum der transmembranen Druckdifferenz zu rechnen ist, so wie es auch bei einer Relaxation von neun Minuten Filtration und einer Minute Pause der Fall ist.

Um einen Vergleich des Fluxes zu erhalten, wird in Tabelle 2 der Brutto-Flux sowie der Netto-Flux dargestellt. Wie zu erwarten, wurde im Zeitraum vom 24.04.2008 bis 29.04.2008 mehr Permeat als im Zeitraum vom 18.04.2008 bis 23.04.2008 filtriert. Der Grund hierfür liegt in der längeren Filtrationszeit.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Optimierung der Relaxation prinzipiell möglich ist und ein hoher Grad an Optimierungspotenzial besteht. Da die experimentell erprobten Relaxationszeiten noch nicht die optimalen Werte der Simulation erreichten, kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Technikumsanlage noch zu verbessern sind.

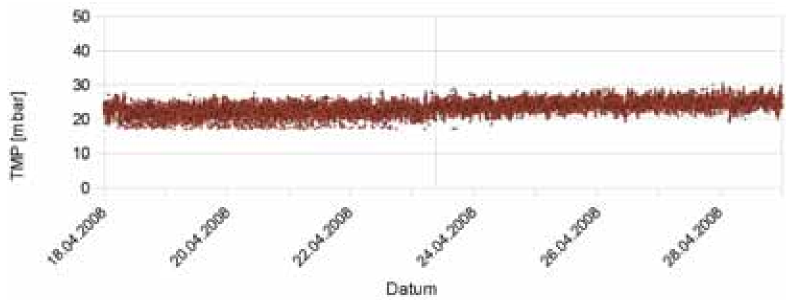


Abb. 4: Verlauf der transmembranen Druckdifferenz an der Technikumsanlag

Zeitraum		Relaxation [min]		Flux [l/(m²*h)]	
Von	Bis	Filtrieren	Pause	Brutto	Netto
18.04.08	23.04.08	9	1	15,27	13,97
24.04.08	29.04.08	19	2	16,04	14,63

Tabelle 2: Flux im Vergleich

Der TMP ist zwar nach der Umstellung auf den neuen Zyklus leicht angestiegen, hat sich aber sehr schnell auf seinem Niveau eingestellt. Aus Zeitgründen konnte hierzu noch kein Langzeitversuch durchgeführt werden, es wird jedoch erwartet, dass sich die transmembrane Druckdifferenz im Vergleich zur bisherigen Fahrweise nicht weiter verändern wird. Für eine genaue Überprüfung dieser Optimierung ist eine längere Versuchsreihe in Planung.

Im Rahmen des derzeit laufenden Forschungsprojektes „Entwicklung eines allgemein nutzbaren Automatisierungssystems für Membranbelebungsanlagen" (EnAM) finden hierzu weitere Untersuchungen statt. EnAM hat das Ziel Membranbelebungsanlagen zu optimieren und wird gemeinsam mit den Partnern Aggerverband, ATM Abwassertechnik, FH Köln Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik, Klapp + Müller und RWTH-Aachen Institut für Siedlungswasserwirtschaft durchgeführt.

Wir danken dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV) für die finanzielle Unterstützung.

Michael Bongards

Abstract
Die dynamische Simulation einer Technikums-Membrankläranlage ermöglicht eine optimale Auslegung der einzelnen Betriebsphasen, speziell der Membranspülung (Relaxation) und somit die Einsparung von Energiekosten für den Anlagenbetreiber.

Projektleitung
Prof. Dr. Michael Bongards
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
bongards@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte
Dipl.-Ing. Thomas Ludwig
Dipl.-Ing. Peter Kern M.Sc.

Simulation und Regelung eines Kanalnetzes

Ein Thema, das unsere Zivilisation schon seit langer Zeit in historischen Aufschreibungen bis heute begleitet, ist die flächendeckende Versorgung der Menschen mit dem wichtigen Nahrungsmittel „Trinkwasser" und die Anbindung an eine ausreichend sichere Abwasserentsorgung. Hinzu kommt der durch die globale Erderwärmung verursachte Klimawandel, wodurch Extremereignisse wie Dürren und Flutkatastrophen vermehrt auftreten.

Dadurch wird es immer wichtiger, die mit der Gewinnung, Nutzung und Wiederverwertung von Wasser verbundenen Techniken zu erforschen, weiter zu entwickeln und anhand individueller lokaler Aufgabenstellungen zu erproben.

Der Schwerpunkt der Forschung liegt in der integrierten Betrachtung und Regelung eines Abflusssystems mit dem Ziel des aktiven Gewässerschutzes. Ein Konzept wurde entwickelt, damit in Zukunft besser auf dynamische Wetterverhältnisse reagiert werden kann.

Abflusssysteme (Kanalnetze) befinden sich in den Einzugsgebieten von Kläranlagen. Sie führen Schmutzwasser und je nach Art des Netzes auch Niederschlagswasser in die Kläranlage (KA) ab. Diese Art von Mischwassersystemen ist bei starken Regenereignissen häufig überlastet, da das vorhandene Volumen nicht dafür ausgelegt ist, die Wassermengen im vollen Umfang aufzufangen und abzuleiten. Als Folge kommt es zu Entlastungen im Netz. Eine Entlastung oder auch Abschlag bedeutet, dass das Abflusssystem überläuft und nur unzureichend behandeltes Abwasser (mechanische Reinigung im Regenüberlaufbecken) in die Gewässer eingespeist wird. Diese Einleitungen (Abb. 1) aus den Kanalnetzen belasten die Gewässer sowohl in hydraulischer wie auch in stofflicher Hinsicht.



Abb. 1: Einleitungsstelle aus dem Kanal ins Gewässer

Kanalnetze werden heute meistens noch als unbewirtschaftete Systeme betrieben. Am Ablauf von Regenüberlaufbecken (RÜB) im Kanal werden feste Drosselmengen gesteuert, die jedoch nicht in der Lage sind, auf die natürlichen Schwankungen des Niederschlags-Abflussgeschehens mit einem flexiblen Betriebsverhalten zu reagieren. Weiterhin unterscheidet sich das Betriebsverhalten der Kanalnetze oft deutlich von dem ursprünglich geplanten Zustand[2].

Das Gummersbacher Forschungsvorhaben „KANNST – Entwicklung einer integrierten **St**euer- und Regelungsstrategie für **Kan**al**n**etz und Kläranlage" befasst sich eingehend mit dem Thema der ganzheitlich betrachteten Abflusssteuerung.

Zur Verbesserung dieser Situation könnte mit einer zentralen Steuerung der Regenüberlaufbecken sichergestellt werden, dass Entlastungen erst dann auftreten, wenn die Kapazität des Netzes weitestgehend ausgeschöpft ist. Die bessere Nutzung der verfügbaren Kapazität eines Kanalisationsnetzes führt zu einem Rückgang der Entlastungen, einer Vergleichmäßigung des Entlastungsverhaltens und ggf. zu kleineren erforderlichen RÜB Volumina. Im Vordergrund der Kanalnetzbewirtschaftung steht dabei natürlich der Gewässerschutz, es soll also so wenig Schmutzfracht wie irgend möglich aus dem Kanal in die Gewässer gelangen. Die hierfür erforderlichen vernetzten Regelungssysteme werden im Rahmen des Projektes unter Nutzung moderner Messtechnik und neuer Verfahren der Computational Intelligence entwickelt.

Ermöglicht hat dieses Forschungsprojekt die Zusammenarbeit der Fachhochschule (FH) Köln, Campus Gummersbach, mit dem lokalen Wasserver- und Entsorgungsunternehmen Aggerverband. Der Aggerverband hat das Vorhaben vor allem mit der Sicht auf die praktische Umsetzung der theoretischen Forschungsergebnisse unterstützt und begleitet.

Finanziert und gefördert wird KANNST, ein Projekt im Umfang von 2,8 Mio Euro, vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW). Für die wasserrechtliche Kontrolle begleitet die Bezirksregierung Köln (BZR) das Vorhaben.

Dokumentation der Projektarbeiten
Zu Beginn des Projektes KANNST wurden die Arbeitspakete zur Entwicklung einer Regelung für die integrierte Betrachtung von Kanalnetz, Kläranlage und Gewässer geplant. Hierbei sollte unter Einsatz moderner Software- und Hardwaretechniken über den aktuellen Stand von Forschung und Entwicklung hinausgegangen werden.

Schritt 1	Erfassung des Ist-Zustands von Kanalnetz, Kläranlage und Gewässer mit ausgewählten Messtechnik Systemen
Schritt 2	Simulation der Teilsysteme
Schritt 3	Entwicklung und Optimierung der Regelung für das Kanalnetz, hydraulisch und Schmutzstoff abhängig
Schritt 4	Einsatz des Regelungssystems im realen kommunalen Kanalnetz

Tabelle 1: Arbeitspakete einer Abfluss-Steuerung

Im ersten Schritt erfolgt die Analyse des jeweiligen Ist-Zustandes der einzelnen Teilsysteme Kläranlage (KA), Kanal und Gewässer (siehe Abb. 2).

Für die Realisierung von Schritt 2 stehen Softwaresysteme zur Verfügung, die auf einer gemeinsamen mathematischen Basis die Simulation der Kläranlage, des Kanalnetzes sowie des Gewässers ermöglichen. In KANNST werden die KA und das Kanalnetz auf der Grundlage von MATLAB® berechnet und in SIMBA® bzw. SWMM® modelliert. Auf den möglichst realitätsnahen Aufbau der Modelle, insbesondere des Kanalnetzes, ist im Projekt KANNST ein Fokus gesetzt worden, denn dies ist eine unabdingbare Voraussetzung, um brauchbare Voraussagen für das Verhalten des Kanals in kritischen Gewässersituationen zu gewinnen.

Das Regelungskonzept in Schritt 3 beginnt mit der hydraulischen Abflusssteuerung und ist die Grundlage für die frachtabhängige Regelung des Kanalnetzes. Der Einsatz des Reglers im kommunalen Kanalnetz ermöglicht die praktische Umsetzung und Validierung der Forschungsergebnisse.

Messtechnik

Eine umfassende Regelungsstrategie benötigt umfassende Informationen, denn je genauer das Verhalten des Kanalnetzes erfasst wird, umso besser kann es in einem Modell abgebildet und an FUZZY-Regler angepasst werden.

In einer Gemeinschaftsarbeit entwickelten FH Köln und der Aggerverband einen Messcontainer-Prototyp (darüber wurde bereits im Forschungsbericht 2006 berichtet). Er dient der Erfassung von hydraulischen und frachtbezogenen Messgrößen an strategisch wichtigen Punkten im Kanalnetz. Nach erfolgreicher Einführung und Verbesserungen des Containers, die sich aus dem praktischen Betrieb ergeben haben, wurden fünf weitere Container angefertigt und an verschiedenen Regenüberlaufbecken (Abb. 3) im Kanalnetz aufgestellt.

Innerhalb des Containers befinden sich Messvorrichtungen und ein Messgerinne für das Abwasser, das im Bypass zum Kanal durchströmt wird. Die Messdaten werden direkt aufgenommen und an eine zentrale Leitstelle des Aggerverbands weitergeleitet. Zurzeit sind sechs Messcontainer im Einzugsgebiet der Kläranlage Homburg-Bröl aufgestellt und mit Messtechnik ausgerüstet.

Niederschlagserfassung

Niederschlagsdaten sind entscheidende Parameter für eine vorausschauende Regelung des Gesamtsystems. Im Rahmen des KANNST Projekts werden altbewährte



Abb. 2: Das zu schützende Gewässer im Projekt - Die Bröl

Regenschreiber (Kippwaage, Hellmann-Gefäß) und neue Messtechniken zur Erfassung des Niederschlags in Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit und Präzision mit einander verglichen.

Mitarbeiter des Aggerverbands montierten fachgerecht die Niederschlagserfassungs-Geräte an einem RÜB (Abb. 4). Dabei sollten die Messgeräte möglichst dicht beieinander stehen, um identische Umgebungsbedingungen zu realisieren. Wichtig war, dass möglichst keine Beeinträchtigung der Messung durch benachbarte Geräte, z.B. durch Strömungsveränderungen bei Wind, auftreten kann.

Die Messwerte wurden für unterschiedliche Niederschlagsintensitäten direkt miteinander und mit 2-Stunden-Niederschlags-Prognosewerten verglichen, mit denen vorausschauend auf Regenereignisse reagiert werden kann.

Kanalnetzsimulation

Numerische Modelle sind ein etabliertes Hilfsmittel bei der Lösung hydrodynamischer Fragestellungen. Die stetige Weiterentwicklung moderne Rechnersysteme lässt eine immer schnellere Umsetzung und Lösung von



Abb. 3: Ein offenes Regenüberlaufbecken (RÜB)



Abb. 4: Messfeld-Wetterstation

CLUSTER 1 CLUSTER 2 CLUSTER 3 CLUSTER 4 CLUSTER 5 CLUSTER 6 CLUSTER 7 CLUSTER 8

immer präziser werdenden Modellansätzen zu. Die Entwicklung eines Regelungskonzepts wird durch die Anwendung eines Kanalnetzmodells des Einzugsgebiets Homburg-Bröl maßgebend unterstützt.

Punktuelle Einleitungen wie z.B. durch eine Kläranlage oder Regenüberlaufbecken können eine Beeinträchtigung für ein Gewässer darstellen. Aus diesem Grund ist eine ganzheitliche Betrachtung in der Simulation der Abwassersysteme mit dem Einzugsgebiet bzw. dem Gewässer, das durch Kläranlage und Kanalnetz beeinflusst wird, für ein Regelungskonzept besonders wichtig. In Abb. 5 sind die einzelnen Gewässer-Immissionen dargestellt. Die in KANNST genauer betrachteten Teilsysteme und Wasser-Einleitungsstellen befinden sich innerhalb der eingezeichneten Systemgrenze. Außer den direkten Immissionsquellen ist der Niederschlag eine weitere wichtige Komponente für die integrierte Betrachtungsweise.

Daten aus RÜB- sowie Gewässer-Messcontainern und der Regenschreiber wurden zur Auswertung und Simulation des Kanalsystems unter Nutzung des Programmpaketes SIMBA (Ifak-Magdeburg) herangezogen.

An einem beispielhaften Ereignis im Januar 2007 (Abb. 6) ist zu erkennen, dass die Dynamik in der Simulation gut nachgebildet wird. Die Entlastung des Beckens konnte in dieser Qualität nur durch Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Wassersättigung des Bodens und Fremdwasseranteil mit Hilfe von Informationen über den Grundwasserspiegel und angepassten Parametern im Modell simuliert werden. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung von simulierten (durchgezogene Linie) und gemessenen Daten (gepunktete Linie). Auch die berechneten Wassermengen für das Szenario in Bild 6 weisen nur eine geringe Abweichung zu den Messdaten von 6 Prozent auf.

Regelung

Das im KANNST Projekt zu entwickelnde Regelsystem soll die verfügbare Kapazität des Kanalnetzes weitestgehend ausnutzen, um Entlastungen zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren und damit das Gewässer zu schützen.

Die ursprüngliche Planung zu Beginn des Projektes, eine Realisierung der Regelung auf Grundlage eines reinen Fuzzy-Reglers durchzuführen, wurde aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems überarbeitet und um eine übergeordnete Komponente, den Zustandsgenerator, erweitert. Ein Zustandsgenerator ermöglicht eine übersichtliche und gut strukturierte Umsetzung des Regelungskonzeptes, in dem er kontinuierlich den Zustand wichtiger Systemparameter beobachtet und bewertet, die auf das gesamte Abflussgeschehen einwirken (Abb. 7). Der Generator ist dafür vorgesehen, den aktuellen Gesamt-Zustand, in dem sich das Kanalsystem befindet, zu erfassen und die nachgeschalteten, zustandsspezifischen Fuzzy-Regler zu aktivieren.

Diese Vorgehensweise ermöglicht es, viele Komponenten zu erfassen, aber die eigentliche Regelung einfach zu halten. Denn für jeden Zustand, den der Generator vorgibt, wird im Projekt ein eigener Fuzzy-Regler entwickelt. Diese einzelnen Regler sind übersichtlich strukturiert, da die Systemkomplexität nicht in einem Regler abzubilden ist, sondern sich auf übergeordnete Zustandsregler und jeweils angepasste Fuzzy-Systeme aufteilt. Nach erfolgreichem Test und Umsetzung des hydraulischen Reglers wird dieser in einem zweiten Schritt um eine frachtabhängige Regelung erweitert.

Bei Überprüfung des Regelungsverfahrens in der Simulation eines Regenereignisses im Kanalnetz konnte eine Reduzierung der Entlastungsmengen in Höhe von 35 Prozent nachgewiesen werden. Dies wurde durch eine optimale Ausnutzung der vorhandenen Volumina im Kanalnetz erreicht, die ein großes Potenzial für den aktiven Schutz des Gewässers über eine Reduzierung der Mischwassereinträge bieten.

In Abb. 8 ist ein typisches Entlastungsereignis an einem Regenüberlaufbecken dargestellt, das die Qualität der integrierten Regelung aufzeigt. Es werden die hydraulischen Messdaten aus dem Prozessdatensystem des Aggerverbands (gepunktete Linie) im Vergleich zu den simulierten Daten aus SIMBA® mit Einsatz (durchgezogenen Linie) und ohne Einsatz (gestrichelte Linie) des Reglers gezeigt. Die PDV Daten dienen dem Vergleich der Simulation ohne Regler. Dieses Ergebnis der Abflusssteuerung im Kanalnetz Homburg-Bröl zeigt in der Simulation das vorhandene, aber bisher ungenutzte Potenzial.
Mit diesem Reglungskonzept werden die Volumina der Regenüberlaufbecken besser als bisher genutzt, womit die Abschläge von nur unzureichend gereinigtem Abwasser direkt in die Gewässer reduziert werden.

Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse aus den Untersuchungen des Projekts KANNST haben das Potenzial einer immissionsorientierten Regelungsstrategie aufgezeigt. Dabei konnte unter Einsatz moderner Messtechnik, der Simulation an Modellen und mit geeigneten Regelungsverfahren, das oberste umwelttechnische Ziel, der Schutz des Gewässers, erreicht und unter weitestgehender Berücksichtigung aller Komponenten des Abwassersystems umgesetzt werden.

„Die Wissenschaft ist nur dazu da, die Erkenntnisse des Instinkts nachzuprüfen."
[Jean Cocteau, französischer Dichter (1889-1963)]

Michael Bongards

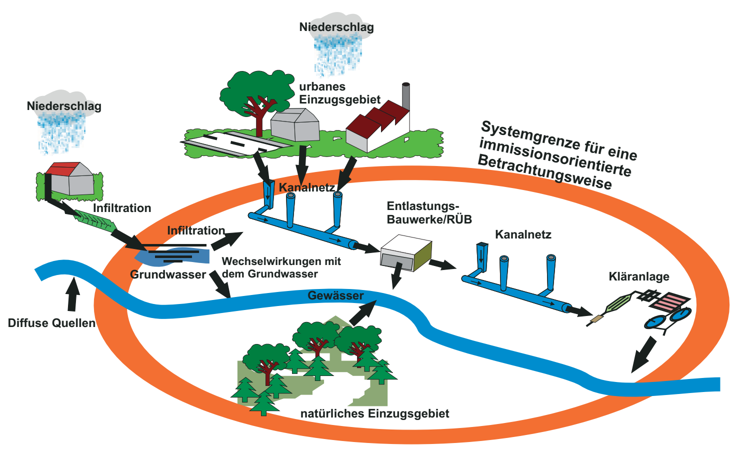


Abb. 5: Betrachtete Immissionen ins Gewässer

Literatur

[1] KANNST – „Entwicklung einer integrierten Steuer- und Regelungsstrategie für Kanalnetz und Kläranlage"

[2] Grüning, H. (2008). Abflusssteuerung – quo vadis? KA Korrespondenz Abwasser, Abfall. 2008 Nr. 4

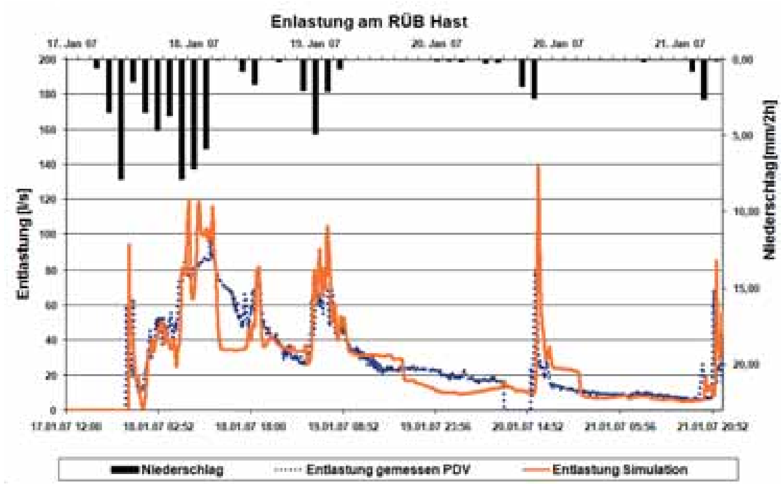


Abb. 6: Entlastung am RÜB, Vergleich gemessene und simulierte Daten

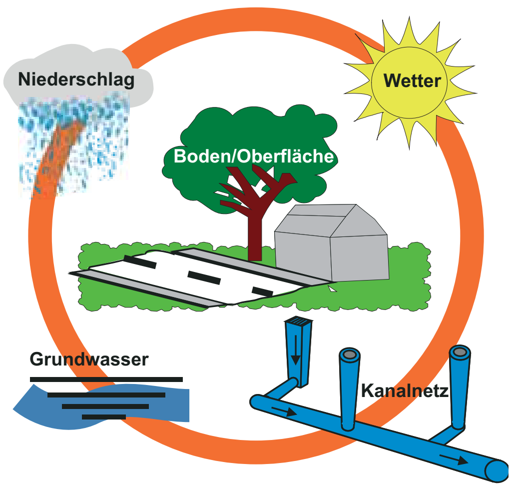


Abb. 7: Einflussnehmende Parameter für das Fremdwasser im Kanalnetz

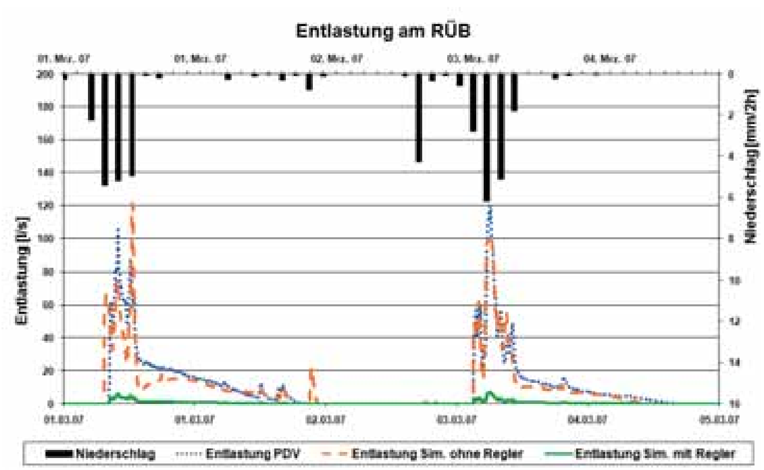


Abb. 8: Entlastung simuliert mit und ohne Regler

Abstract

Wasser gewinnt weltweit an Bedeutung, da die ausreichende Verfügbarkeit von Trinkwasser sowie die umfassende Reinigung von Abwasser bei wachsender Bevölkerung und klimatischer Veränderung entscheidend für die soziale und politische Stabilität der Gesellschaft ist. Im aktuellen Forschungsprojekt KANNST [1] wurden Kanalnetz und Kläranlage einer mittelgroßen Gemeinde (Homburg-Bröl) in NRW in allen verfügbaren Details hydrodynamisch simuliert. Für die Ermittlung der Wasserqualität und die Belastung des Gewässers durch Schmutzstoffe im Abwasser installierte und erprobte das Forscherteam über den Stand der Technik hinausgehende Messsysteme im Kanalnetz und im Gewässer. Ein auf Zustandsmaschine und Fuzzy-Control basierendes Regelungssystem wurde entwickelt und mit Hilfe der Simulation optimiert. Auf Basis dieser Zustände minimieren die individuell optimierten Fuzzy-Regler die Abschläge in das Gewässer. Seit Juni 2008 wird der Regler im praktischen Einsatz erprobt.

Projektleitung

Prof. Dr. Michael Bongards
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
bongards@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dr. Tanja Hilmer M.Sc.

Mobilfunk-basierte Datenfernübertragung zur Überwachung einer kirgisischen Kläranlage

Moderne Fernüberwachungssysteme aus Deutschland können helfen, den Betrieb von Kläranlagen in Entwicklungsländern wie Kirgisistan zu verbessern und somit zum Schutz der Umwelt beitragen. Eine zuverlässige Infrastruktur für die Versorgung mit Energie und Wasser sowie eine ausreichende Abwasserreinigung sind von großer Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes. Insbesondere für Schwellenländer gilt, dass eine stabil funktionierende Infrastruktur eine der wichtigsten Voraussetzung für Investitionen aus dem Ausland ist.

Kirgisistan steht an der Schwelle eine der wichtigsten touristischen Regionen Zentralasiens zu werden, da es für Touristen aus China, Indien, Japan und Kasachstan schnell zu erreichen ist (GTZ, 2001). Insbesondere die ausgesprochen schöne Region um den 200 km langen und 60 km breiten Issyk-Kul-See[1] ist für Touristikprojekte sehr interessant. Der ökologische Zustand des Sees ist aber schon auf mittlere Sicht stark gefährdet, da die zurzeit vorhandenen Kläranlagen aufgrund mangelnder Wartung und Überwachung meist schlecht und unzuverlässig arbeiten.

Im Rahmen des VIP[2]-Forschungsprojektes stattete ein Team der FH Köln und der Alfred Kuhse GmbH in enger Zusammenarbeit mit dem kirgisischen Partner Bior eine Kompaktkläranlage am Issyk-Kul-See mit einem solchen Fernüberwachungssystem aus. Ziel des Projektes war, neben dem Aufbau eines Pilotsystems, in erster Linie die Übertragung von technischem Know-how für Aufbau und Bedienung von internet- und mobilfunkbasierten Überwachungsanlagen von Deutschland nach Kirgisistan.

Riesiger Bergsee gefährdet durch Abwässer

Die ökologische Gefährdung des Issyk-Kul-Sees wird zu einem Großteil von schlecht bis gar nicht funktionierenden Kläranlagen verursacht. Derzeit sind 104 Kläranlagen in der Region registriert, von denen lediglich 6 Prozent vom kirgisischen Umweltministerium als effektiv eingestuft werden. Von ca. 17 Prozent der Anlagen ist bekannt, dass sie nur eine geringe Effektivität aufweisen oder gar nicht funktionieren. Über den größten Teil der Anlagen liegen keine Informationen zum Zustand vor. Leider erbrachten die stichprobenartige Überprüfung einiger Anlagen sowie die persönlichen Gespräche mit Vertretern der lokalen Abwasserbehörde und mit Betreibern deutliche Hinweise darauf, dass auch diese Anlagen nicht funktionieren.

[1] Issyk-Kul-See (=heißer See): zweitgrößter Bergsee der Welt in Kirgisistan

[2] VIP – Verteiltes Überwachungssystem für dezentrale Infrastrukturkomponenten in Kirgistan

Ursachen für den schlechten Zustand sind, neben jahrelanger Verschleppung dringend erforderlicher Infrastruktur-Investitionen, insbesondere die unzureichende Wartung und Überwachung der Anlagen.

Die Kläranlage

Für die Pilot-Installation des Überwachungssystems wurde die Kompaktkläranlage Tolkun mit 500 Einwohnergleichwerten zur Entwässerung einer großen Hotelanlage direkt am Issyk-Kul-See gewählt. Die Anlage wurde im Jahr 2005 in Betrieb genommen und ist vollständig mit moderner Siemens Automatisierungstechnik ausgestattet. Dies machte sie als Pilotanlage besonders geeignet. Verfahrenstechnisch handelt es sich um einen so genannten Sequencing Batch Reaktor (SBR) mit zwei unterirdisch angebrachten Bioreaktoren. Eine Besonderheit der SBR-Technik ist, dass alle biochemischen Reinigungsprozesse nacheinander im gleichen Reaktor durchgeführt werden. Die SBR-Technik bietet sich vor allem für kleinere Anlagen an,

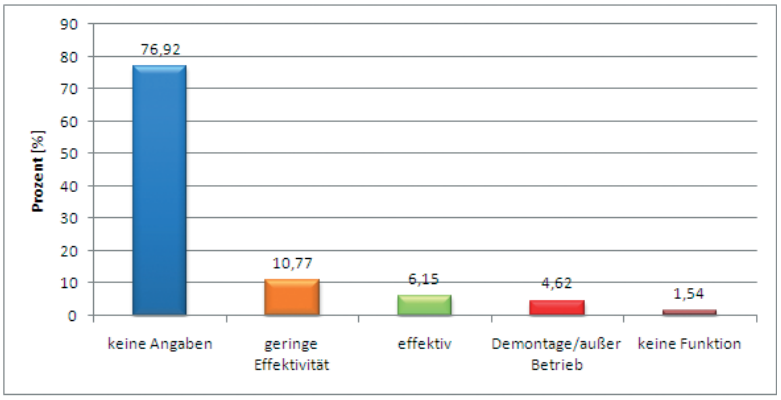


Abb. 1: Effektivität der Kläranlangen in der Region Issyk-Kul



Abb. 2: Kläranlage Tolkun

da nur ein Reaktor benötigt wird. Zudem sind diese Anlagen besonders für unterschiedlich schnell wechselnde Belastungen, wie sie z.B. bei der Hotelanlage häufig vorliegen, geeignet.

Da sich die Anlage über 250 km entfernt vom Firmensitz des Betreibers Bior befindet, wurde ein lokaler Klärwärter eingestellt, welcher sich um die Anlage kümmert, Messwerte protokolliert und im Falle von Störungen eingreift.

Hauptziel des Projektes ist der Know-how-Transfer über diese modernen Komponenten der Automatisierungstechnik nach Kirgisistan. Darüber hinaus hat Bior folgende Ziele:

- Bessere Überwachung des Betriebes
- Alarmierung bei Störungen
- Unterstützung des Klärwärters bei Problemen vor Ort
- Automatisierung der Datenarchivierung
- Kostenreduzierung durch effektiveren Betrieb

Fernüberwachung mit Mobilfunk-basierten Internettechnologien

Viele moderne Fernüberwachungssysteme setzen auf Internettechnologien. Insbesondere die Mobilfunk-basierten Internettechnologien sind sehr gut für die Überwachung von dezentralen Anlagen geeignet, da kein kabelgebundener Anschluss mehr notwendig ist. Noch vor wenigen Jahren stellten leitungsvermittelte (Circuit Switched) Datenübertragungen die Standardtechnologie für Fernüberwachungssysteme dar. Das sind Direktverbindungen zwischen zwei Partnern, für die jeweils ein Kanal reserviert wird. Neben verschiedenen Vorteilen haben diese Verbindungen jedoch den Nachteil, dass immer eine feste Bandbreite reserviert wird, womit erhebliche Kosten entstehen: Leitungsvermittelte Verbindungen werden nach Onlinezeit abgerechnet (vgl. Sauter, 2004). Heute verwendet man immer mehr die paketorientierten (Packet Switched) Datenübertragungen. Dabei werden keine festen Kanäle mehr zugewiesen, vielmehr erhalten die einzelnen Datenpakete eine Quell- und eine Zieladresse. Über die Verbindungsleitungen laufen nun viele Übertragungen gleichzeitig. Dadurch kann jeweils die gesamte freie Kapazität einer Verbindung zur Übertragung verwendet werden. Der größte Vorteil für den Betreiber liegt darin, dass nach übertragenem Datenvolumen abgerechnet wird. Verbindungen können daher ständig online sein, ohne Kosten zu verursachen (vgl. Sauter, 2004).

Derzeit ist GPRS[3] die attraktivste Datenübertragungstechnologie für Fernüberwachungssysteme. GPRS ist ein paketorientierter Datendienst, welcher als Erweiterung des GSM[4]-Mobilfunknetzes entwickelt wurde. Im Gegensatz zu UMTS[5] verwendet GPRS die normale GSM-Hardware, welche auch für die Sprachübertragung genutzt wird. Aus diesem Grund ist GPRS überall dort verfügbar, wo auch telefoniert werden kann. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass GPRS auch in vielen Entwicklungsländern, wie z.B. Kirgisistan, in denen es kein UMTS gibt, verfügbar ist. Die Tatsache, dass GPRS in der Praxis mit ca. 50 kbit/s (theoretisch bis zu 170 kbit/s) relativ langsam gegenüber anderen Technologien wie UMTS ist, spielt eine untergeordnete Rolle für Fernüberwachungsaufgaben, da hier nur relativ kleine Datenmengen zu übertragen sind.

Prinzipielle Funktionsweise des Kuhse-Telecontrol-Systems

Das in Kirgisistan eingesetzte Kuhse-Telecontrol-System entspricht der typischen Struktur eines modernen Fernüberwachungssystems, bestehend aus einem Hauptserver, sowie mehreren Unterstationen und Clients zur Visualisierung. Während Clients immer über das Internet zum Server verbunden sind, können Unterstationen auch über normale Telefonleitungen angebunden werden. Abb. 3 zeigt den generellen Aufbau des Fernüberwachungssystems.

Während des normalen Betriebes werden die Messwerte in zyklischen Intervallen von der Unterstation zum zentralen Server zur Speicherung gesendet. Dabei wird die Verbindung immer von der Unterstation zum Server aufgebaut, da viele Mobilfunkanbieter die eingehenden Ports von GPRS-Karten sperren. Außerdem werden IP-Adressen im Allgemeinen dynamisch vergeben, so dass der Server die IP-Adresse der Unterstation nicht kennt. Zusätzlich zur zyklischen Datenübertragung kann eine Verbindung aufgebaut werden, falls Grenzwerte überschritten werden, kritische Prozesszustände eintreten oder ein Client eine Anfrage stellt.

Betriebskosten

Bei stetiger Weiterentwicklung der Datenübertragungstechnologien sind in den letzten Jahren die Kosten für Datenverkehr stetig gefallen. Mittlerweile geben die Hersteller von Fernwirktechnik die Kosten für die Überwachung einer Pumpstation mit weniger als 10 Euro im Monat an (WAGO, 2008). Die Preise für 30 MB Datenvolumen über GPRS liegen bei ca. 10 Euro (Vodafone, 2008). Dieses Datenvolumen reicht aus, um alle relevanten Messwerte einer kleinen Kläranlage im Minutentakt zu übertragen. Folgende Beispielrechnung beschreibt das monatlich benötigte Datenvolumen für eine Anlage mit 4 analogen (je 16 Bit) und 16 digitalen (je 1 Bit) Messwerten:

$$DV_m = 10\frac{Byte}{Minute} * 60 Minuten * 24 Stunden * 31 Tage = 349\frac{KB}{Monat}$$

$$DV_m = MonatlichesDatenvolumen$$

Zu beachten ist, dass sich diese Rechnung nur auf die Nutzdaten bezieht, welche im Verhältnis zum Overhead relativ klein sein können. Fest steht jedoch, dass für die Überwachung einer kleineren Anlage nur wenige MB Datenverkehr pro Monat aufkommen. Die Rechnung zeigt, dass Mobilfunk-basierte Fernwirktechnik nicht nur flexibler und einfacher zu installieren ist als drahtgebun-

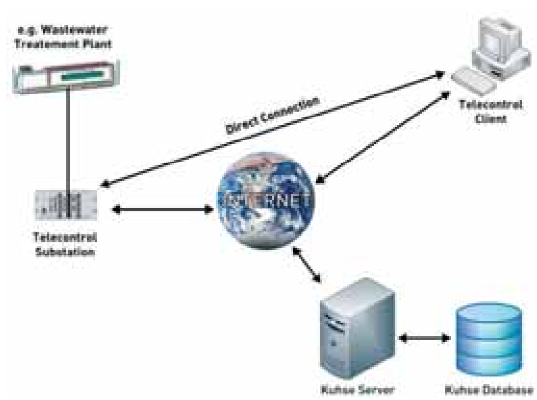


Abb. 3: Aufbau Kuhse-Telecontrol

[3] GPRS – General Packet Radio Service

[4] GSM – Global System for Mobile Communication

[5] UMTS – Universal Mobile Communication System

dene Fernwirktechnik, sondern in vielen Anwendungsfällen auch kostengünstiger ist. In Kirgisistan liegen die monatlichen Kosten für die Überwachung der Kompaktkläranlage unter drei Euro pro Monat.

Installation in Kirgisistan

Im Vorfeld der Pilotinstallation wurden die technischen Voraussetzungen in Kirgisistan überprüft. Neben der zuverlässigen elektrischen Versorgung und einem ausreichenden Grad an Automatisierungstechnik der Anlage, war insbesondere der ausreichende Ausbau des Mobilfunknetzes und dessen Kompatibilität zu deutscher Fernwirktechnik Grundvoraussetzung. Eine stichprobenartige Überprüfung der Angaben des Mobilfunkanbieters zeigte, dass die Netzabdeckung in der Region Issyk-Kul ausreichend ist. Das System funktionierte sofort nach Inbetriebnahme. Lediglich leitungsvermittelte Datenverbindungen werden vom kirgisischen Mobilfunknetz nicht mehr unterstützt, da es deutlich jünger als die deutschen Mobilfunknetze ist und deshalb dieser „veraltete" Dienst nicht mehr eingerichtet wurde.

Die Steuerung der Kläranlage besteht aus einer Siemens S7 SPS[6], zwei Frequenzumrichtern zur Steuerung von zwei Kompressoren sowie verschiedenen Sensoren für die Sauerstoffkonzentration, Füllstände etc. (Abb. 4). Die moderne Ausstattung ermöglichte es, die Verbindung zwischen der Steuerung und dem Kuhse Telecontrol-System direkt über den digitalen MPI[7]-Bus herzustellen. Dies hat den Vorteil, dass alle Messwerte und Statusmeldungen ohne aufwändige Verkabelung verfügbar sind.

Um Zugriff auf die gewünschten Informationen zu erhalten, wurde das Telecontrol-System auf die entsprechenden Adressbereiche in der S7-Steuerung konfiguriert. Um die Kommunikation noch weiter zu vereinfachen, passte man zudem das SPS Programm so an, dass alle Werte seriell im Speicher zu lesen sind.

Die gesamte Hardware-Installation vereinfachte sich daher auf den Anschluss des MPI-BUS, der Versorgung des Systems mit Spannung und der Installation einer kleinen GSM-Antenne.

Als Überwachungsparameter wurden die Sauerstoffkonzentration, die Füllstände der Bioreaktoren sowie die Stellgrößen der Frequenzumrichter (FU) gewählt. Zusätzlich erfolgt eine Protokollierung aller Schaltvorgänge und Meldungen.

Abb. 6 zeigt einen Screenshot des Telecontrol-Clients. Auf der linken Seite sind die typischen Füllvorgänge der beiden Bioreaktoren zu erkennen, auf der rechten Seite die Protokollierung eines Stromausfalls, wie er in Kirgisistan häufig vorkommt.



Abb. 4: Steuerung Kombiblock

Diese Auswahl an Messwerten ermöglicht dem Bediener und den betreuenden kirgisischen Ingenieuren einen guten Überblick über den Zustand der Anlage. Neben den direkten Messwerten erlaubt z.B. ein Vergleich der FU-Aktivität mit der aktuellen Sauerstoffkonzentration Rückschlüsse auf die Belastung der Anlage.

Abschließend wurde die Überwachung auf dem zentralen Server bei Kuhse eingerichtet sowie die Client-Software beim Betreiber Bior als auch auf dem Notebook des zuständigen Klärwärters.

Deutsche Technik verbessert Kläranlagenbetrieb erheblich

Das für das deutsche Unternehmen wichtigste Ergebnis der Pilotinstallation war, dass deutsche Fernwirktechnik ohne größere Modifikationen in Kirgisistan eingesetzt werden kann. Sowohl die notwendige Abdeckung des Mobilfunknetzes, als auch die Kompatibilität zu deutscher Hardware ist gegeben.

Im Speziellen konnte der Betrieb der Kläranlage am Issyk-Kul-See verbessert werden. Bereits während der Installation des Systems wurden Fehler beim Betrieb der Anlage erkannt und behoben. Kurze Zeit nach der Installation des Fernüberwachungssystems wurde zudem das Steuerprogramm der Kläranlage, basierend auf den aufgezeichneten Werten, überarbeitet und weiter verbessert. Desweiteren ersetzte die automatische Aufzeichnung der Messwerte die Aufzeichnung von Hand, was sowohl die Datendichte erhöhte, als auch das Risiko von Fehlern verringerte. So war es vor der Installation des Systems notwendig, die Anlage mehrmals täglich zu kontrollieren und die Messwerte von Hand aufzuschreiben.

Außerdem waren bislang prophylaktische Kontrollen der Anlage bei schlechtem Wetter und kritischen Prozessbedingungen notwendig. Dies entfällt, da es nun auch dem Klärwärter möglich ist, die Anlage von jedem beliebigen Ort mit Internetzugang zu überwachen. Damit fand die Anlage auch im Entwicklungsland Kirgisistan eine sehr gute Akzeptanz, womit sich für das deutsche Unternehmen neue vielversprechende Märkte eröffnen.

Michael Bongards

[6] SPS – Speicherprogrammierbare Steuerung

[7] MPI – Multipoint

[8] VIP – Verteiltes Überwachungssystem für dezentrale Infrastrukturkomponenten in Kirgistan



Abb. 5: Kuhse-Telecontrol (vgl. oben)

Abstract

Moderne Fernüberwachungssysteme, auf mobilen Internet-Technologien basierend, können helfen, die Stabilität des Betriebes von Kläranlagen zu erhöhen und darüber hinaus dienen sie bei der Überwachung von Abwasseranlagen dem Schutz der Umwelt. Mit vergleichsweise geringem Investitionskapital kann die Infrastruktur einer ganzen Region überwacht und deren Zuverlässigkeit substanziell und nachhaltig erhöht werden. Im Rahmen des VIP[8]-Forschungsprojektes stattete ein Team der Fachhochschule Köln und der Alfred Kuhse GmbH in enger Zusammenarbeit mit dem kirgisischen Partner Bior eine Kompaktkläranlage am Issyk-Kul-See mit einem solchen Fernüberwachungssystem aus.

Projektleitung

Prof. Dr. Michael Bongards
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
bongards@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl.-Ing. Peter Kern M.Sc.

Projektpartner

Alfred Kuhse GmbH
Thomas Stich – Unternehmensberatung
Bior (Neman Holding)
Technische Universität Bischkek
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft (DEG)

Quellen:

GTZ (2001). *Investment-Handbuch Tourismus - Investitionsvorschläge für eine nachhaltige Tourismusentwicklung in der Issyk-Kul Region (Kirgistan).* Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

Kirgisisches Umweltministerium (2007). *Persönliches Gespräch zur Situation der Kläranlagen in der Region Issyk-Kul*. Kirgisistan: 16.09.2007.

Sauter, M. (2004). *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme*. Wiesbaden: Vieweg.

Wago. (2008). *Wago Homepage - TO-PASS TM skalierbare Fernwirklösungen*. Abgerufen am 25. 04 2008 von http://www.wago.com/infomaterial/pdf/51196768.pdf

Vodafone (2008). *Vodafone - Tarifübersicht*. Abgerufen am 20. 02 2008 von http://www.vodafone.de/privat/tarife-flatrate-vertrag-handystudent/105307.html#ID118572

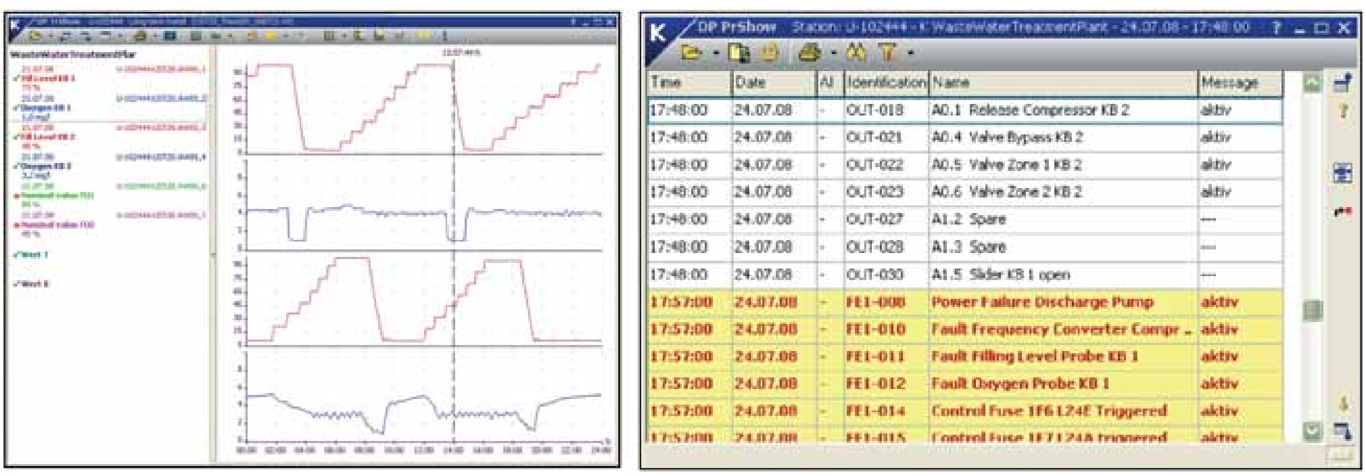


Abb. 6: Screenshot Kuhse Telecontrol-Client verwendet für Kläranlage Tolkun

Innovative Messtechnik an Trockenfermentations-Biogasanlagen

Die Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland hat in den letzten zehn Jahren stark zugenommen. Besonders die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und dessen Novellierung haben einen regelrechten Biogas-Boom ausgelöst. Aufgrund steigender Preise für nachwachsende Rohstoffe und ständig zurückgehender Förderung ist der wirtschaftliche und effiziente Betrieb von landwirtschaftlichen sowie industriellen Biogasanlagen wichtiger denn je.

Vor allem die Forschung und Entwicklung innovativer Prozessmesstechnik gewinnt immer mehr an Bedeutung, da der Prozess der Biogasbildung noch häufig als sogenannte „Black Box" betrachtet wird. Ausgangs- und Endprodukte sind grundsätzlich bekannt, aber die Vorgänge im Innern der Gärbehälter von Biogasanlagen sind schwierig zu beurteilen, bzw. messtechnisch zu erfassen und auszuwerten. Hinzu kommt, dass es sich bei der Biogasproduktion um einen Prozess handelt, der durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren (z.B. Temperatur, pH-Wert, Fettsäurekonzentrationen) bestimmt wird. Der Betrieb einer Biogasanlage an der Auslastungsgrenze erfordert eine möglichst kontinuierliche messtechnische und laboranalytische Überwachung des Prozesses, da er unter diesen Gegebenheiten besonders empfindlich auf Änderungen des Milieus im Gärbehälter reagiert.

Am Institut für Automation & Industrial IT wurde in Zusammenarbeit mit der AVEA Aufbereitung Biogener Abfälle GmbH & Co. KG eine industrielle Vergärungsanlage mit einer UV/Vis-Sonde ausgestattet. Diese befindet sich auf dem Gelände der Zentraldeponie Leppe in Lindlar. Ziel ist hierbei die kontinuierliche, indirekte Bestimmung des Fettsäuregehaltes im Fermenter. Die Installation der Messtechnik sowie die bisher erzielten Ergebnisse werden im Folgenden kurz dargestellt.

Bedeutung der Fettsäuren für den Biogasprozess

Die in der zweiten und dritten Prozesstufe der anaeroben Fermentation (Biogasbildung) entstehenden Fettsäuren dienen als Nahrung für die methanbildenden Bakterien, die Essigsäure und Essigsäureacetat in Methan umwandeln. Steigt der Fettsäurespiegel über einen längeren Zeitraum an, kann das auf eine hohe Belastung dieser Bakterien hindeuten, was wiederum eine Gefahr für die Prozessstabilität darstellt. Eine hohe Konzentration an Essigsäure führt dazu, dass die methanbildenden Bakterien mit dem Abbau der Essigsäure nicht mehr nachkommen und somit eine Art Flaschenhalseffekt auftritt. Die Säurekonzentration steigt weiter an und führt langsam zu einer Versäuerung des gesamten Milieus. Bedingt durch die hohe Pufferkapazität des Prozesses ändert sich der pH-Wert, der häufig kontinuierlich überwacht wird, zunächst nicht. Auftretende Probleme werden deshalb oft erst erkannt, wenn es bereits zu spät ist, um erfolgreich Gegenmaßnahmen einzuleiten. Auf aktuellen Biogasanlagen wird daher neben dem pH-Wert häufig auch das Verhältnis der **F**lüchtigen **O**rganischen **S**äuren zum **T**otalen **A**norganischen **C**arbonat (FOS/TAC) bestimmt, welches Aufschluss über den Grad der Versäuerung gibt.

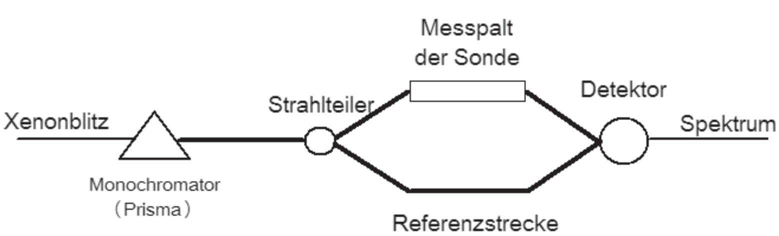


Abb. 1 Prinzip der UV/Vis-Sonde

Eine Überwachung der organischen Fettsäuren ist somit von zentraler Bedeutung für einen stabilen Anlagenbetrieb, da gefährliche Prozesszustände frühzeitig erkannt und behoben werden können.

UV/Vis – Spektroskopie

Die UV/Vis-Spektroskopie ist einer von verschiedenen Lösungsansätzen, durch die organische Säuren messtechnisch erfasst und ausgewertet werden können. Die Untersuchung von Stoffgemischen mithilfe spektroskopischer Methoden ist in vielen Industriebereichen, vor allem in der Chemie und der Verfahrenstechnik, weit verbreitet.

Die UV/Vis-Spektroskopie nutzt sowohl die ultravioletten (UV) als auch die für das menschliche Auge sichtbaren („Vis" vom englischen „visible" - sichtbar) Wellenlängen des Lichtes zur Bestimmung von Stoffkonzentrationen in einem Medium. Die getestete Sonde erzeugt mithilfe einer Xenon-Lampe einen Lichtblitz, der zunächst von einem Prisma in die einzelnen Wellenlängen zerlegt wird. Es entsteht ein Spektrum, welches sich im Strahlleiter dupliziert und danach einmal durch das zu untersuchende Medium sowie über eine Referenzstrecke geleitet wird. Anschließend vergleicht man das ankommende Licht beider Wege in einem Detektor (siehe Abb. 1). Über die Intensitätsunterschiede bei den einzelnen Wellenlängen lassen sich Rückschlüsse auf die Konzentrationen einzelner Stoffe ziehen, da jede Substanz das Licht bestimmter Wellenlängen absorbiert.

Dieses Messverfahren wird als indirektes Verfahren bezeichnet, da über die Absorption auf die Konzentration eines Stoffes geschlossen wird. Entscheidend hierfür ist eine auf den Prozess hin optimierte Kalibrierung der Sonde, so dass die gemessenen Absorptionen korrekt auf eine Stoffkonzentration umgerechnet werden.

Im Bereich der Abwasserbehandlung und -aufbereitung ist diese Technik bereits erfolgreich im Einsatz, weshalb eine Testapplikation im Biogasbereich nahe liegt. Es wurde nun untersucht, inwieweit sich diese Sonden eignen, um die Konzentration der organischen Säuren im Gärbehälter einer Trockenfermentations-Biogasanlage zu bestimmen.

Um aus den aufgezeichneten Spektren auf die Säurekonzentration schließen zu können, muss bekannt sein, bei

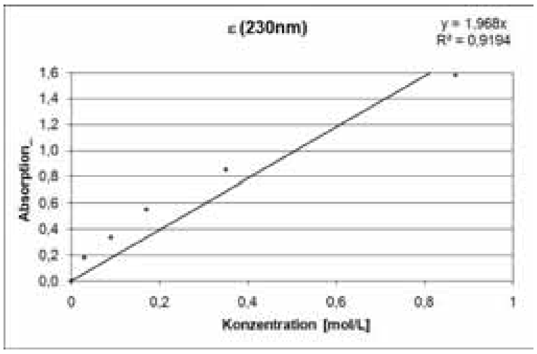


Abb. 2: Zusammenhang von Fettsäurekonzentration und Absorption

welcher Wellenlänge Essigsäure hauptsächlich absorbiert. In Laborversuchen wurde ermittelt, dass der Wellenlängenbereich um 230nm sich am besten eignet. Die Untersuchungen zeigten, dass bis zu einer Essigsäurekonzentration von etwa 20 Prozent, welche in dem zu untersuchenden Medium auf der Anlage bei weitem nicht erreicht wird, ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen absorbierter Strahlung bei 230nm und der Essigsäurekonzentration besteht. Zu beachten ist allerdings, dass auch die anderen im Prozess vorkommenden organischen Säuren, wie beispielsweise Buttersäure und Propionsäure, bei dieser Wellenlänge absorbieren. Da eine Unterscheidung in die enthaltenen Fettsäuren nicht möglich ist, handelt es sich daher um einen Summenparameter. Auch bei der Titration des FOS-Wertes werden alle organischen Säuren erfasst, so dass eine Vergleichbarkeit mit den Laborwerten der Anlage gegeben ist.

Installation der Messeinrichtung auf der Anlage

Die Vergärungsanlage der AVEA GmbH & Co. KG, die das Forschungsteam für die Untersuchung auswählte,

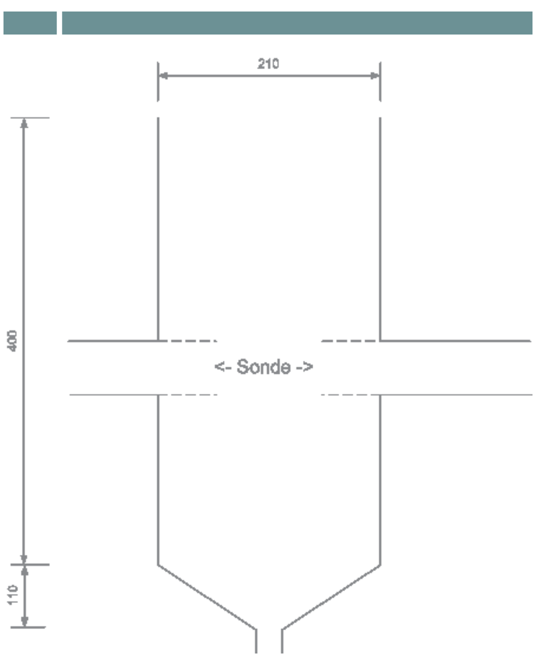


Abb. 4: Schematische Zeichnung des Probenbehälters



Abb. 3: Eingesetzte UV/Vis-Sonde der Firma S::CAN

verfügt über eine nachgelagerte Kompostierungsanlage, in der das ausgegorene Substrat weiter verwertet wird. Dazu leitet man das ausgetragene Material mithilfe eines zweistufigen Entwässerungsverfahrens zunächst über Schneckenpressen und anschließend über Bandfilterpressen. Aufgrund des hohen Trockensubstanzgehalts im Fermenter (über 25 Prozent), kommt eine direkte Messung im Prozess nicht in Frage, da der Messspalt der Sonde mit 1mm Breite sofort verstopfen würde (siehe Abb. 3).

Es wurde daher entschieden, die Messung im Bereich der Pressen vorzunehmen. Das Presswasser der Schneckenpressen besitzt jedoch noch einen Trockensubstanzgehalt von etwa 10-12 Prozent, was unverdünnt ebenfalls zu einer Verstopfung des Messspaltes führen würde. Aus diesem Grund wurde die Messung im Bereich der zweiten Entwässerungsstufe installiert, da das dort anfallende Presswasser lediglich einen Trockensubstanzgehalt von 1-2 Prozent besitzt. Gleichzeitig bietet dies, neben dem geringeren Verstopfungsrisiko, den Vorteil der leichteren Pumpfähigkeit des Messmediums. Da die Fettsäuren größtenteils in der gelösten Phase vorliegen, ist nur eine geringe Abweichung zwischen dem Wert im Fermenter und dem untersuchten Presswasser zu erwarten. Hinzu kommt, dass vor allem der zeitliche Verlauf über mehrere Stunden und Tage eine Aussage über die Prozessstabilität zulässt und nicht so sehr der exakte Wert des Fettsäuregehaltes.

Nach ersten Tests mit unverdünntem Presswasser wurde festgestellt, dass die Konzentrationen weit oberhalb des zulässigen Messbereichs der Sonde liegen. Dadurch wurde eine automatisierte Probenaufbereitung notwendig, mit der eine Verdünnung des Messmediums mit Leitungswasser im Verhältnis 1:40 reproduzierbar realisiert werden kann. Die Verdünnung mit Leitungswasser stellt dabei kein Problem dar, da dort keine Fettsäuren enthalten sind, so dass die entstehende Verfälschung der Messwerte durch andere Inhaltsstoffe über eine entsprechende Kalibrierung der Sonde heraus gerechnet werden kann.

Um unter Praxisbedingungen eine Probenaufbereitung im Verhältnis von 1:40 reproduzierbar bereitzustellen, wurde nach eigenen Plänen ein Behälter aus Edelstahl angefertigt, der in Abb. 4 zu sehen ist.

Zur Automatisierung der Probenaufbereitung wurde eine SPS eingesetzt, die eine Schlauchpumpe zur Dosierung des Prozesswassers sowie ein Magnetventil für den Wasserzulauf und ein Kugelventil für den Abfluss steuert. Die korrekte Füllhöhe des Behälters wird mithilfe eines Füllstandsensors überwacht, so dass für jede Messung 250 ml Prozesswasser mit 10 Liter Leitungswasser gemischt werden. Ziel dieser ersten Messungen in einer entsprechenden Verdünnung ist es herauszufinden, ob Änderungen in der Absorptionskurve über mehrere Tage hinweg erkennbar sind. Daher ist die genaue Bestimmung der Inhaltsmenge im Behälter zunächst nicht erforderlich, wichtig ist jedoch, dass diese Menge bei jeder Probe konstant bleibt. Aus diesem Grund reicht zunächst die relativ leicht zu realisierende Füllstandüberwachung mithilfe eines Füllstandsensors aus.
Der gesamte Messaufbau ist in den folgenden sechs Abbildungen dargestellt.

Erste Messergebnisse und Vergleich mit realen Anlagendaten

Ein Vergleich der Kurvenverläufe der in einer Woche erfassten Laborwerte des Anlagenbetreibers mit den aus den Absorptionsspektren errechneten Werten zeigt bereits eine gute Übereinstimmung. Es fällt jedoch auf, dass die absoluten Messwerte nicht übereinstimmen. Dies hängt damit zusammen, dass zum einen in verschiedenen Medien gemessen wird, so stammen die Laborwerte aus dem Presswasser der Schneckenpressen und die UV/Vis Werte aus dem Prozesswasser der Bandfilterpressen. Zum anderen wurde die Trübung des Mediums bisher nicht mit einbezogen, obwohl diese bei der spektroskopischen Messung eine große Rolle spielt. Um die tatsächlichen quantitativen Stoffmengen zu berechnen, muss dieser Wert als „Offset" betrachtet und entsprechend abgezogen werden. Gerade beim Parameter der organischen Säuren ist der zeitliche Verlauf wesentlich interessanter und auch aussagekräftiger für den Anlagenbetreiber als der exakte punktuelle Messwert, weshalb der Fokus bisher hauptsächlich auf diesen Aspekt gelegt wurde.

Die Erfassung der organischen Säuren findet derzeit mithilfe von wöchentlich sechs Labormessungen statt, jeweils montags, mittwochs und freitags eine Messung vormittags und eine nachmittags. Um die spektroskopische Messung besser kalibrieren zu können und eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu erreichen, soll nun ein Titrationsautomat im Labor der Anlage aufgestellt werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit einer höheren Probenfrequenz der Labormessungen bei gleichzeitig gesteigerter Genauigkeit sowie Reproduzierbarkeit. Da von den Laborwerten bisher nur maximal zwei Werte pro Tag vorliegen, die spektroskopische Messung jedoch stündlich den aktuellen Wert erfasst, können bei gesteigerter Probenfrequenz die Werte der spektroskopischen Messung besser verifiziert werden. Die bisherigen



Abb. 5:
a) UV/Vis-Sonde mit 1 mm Spaltbreite in der Messvorrichtung
b) Kompletter Aufbau der Verdünnungseinrichtung mit Messbehälter und Zuleitungen
c) Messung in verdünntem Messmedium
d) Schaltschrank der Messvorrichtung mit Schlauchpumpe unten links & SPS oben rechts
e) Schlauchpumpe zur exakten Dosierung des Presswassers
f) Vorlagebehälter für Presswasser und Zuleitung zur Schlauchpumpe

Abstract

Neue Überwachungstechnik sichert den Betrieb der Biogasanlage

Am Beispiel einer industriellen Vergärungsanlage entwickelten Mitarbeiter des Instituts für Automation & Industrial IT eine Methode zur kontinuierlichen Bestimmung des Fettsäuregehaltes im Fermenter (Biogaserzeuger). Diese kontinierliche Überwachung sichert den stabilen Anlagenbetrieb, da gefährliche Prozesszustände frühzeitig erkannt und behoben werden können.

Projektleitung

Prof. Dr. Michael Bongards
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Automation & Industrial IT
bongards@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Dipl.-Ing. Christian Etzkorn
Dipl.-Ing. Christian Wolf

Versuchsergebnisse sind bereits sehr viel versprechend. Es ist davon auszugehen, dass die Messeinrichtung dem Betreiber zukünftig eine wesentlich bessere Prozessüberwachung bei geringerem zeitlichem Aufwand ermöglichen wird.

Michael Bongards

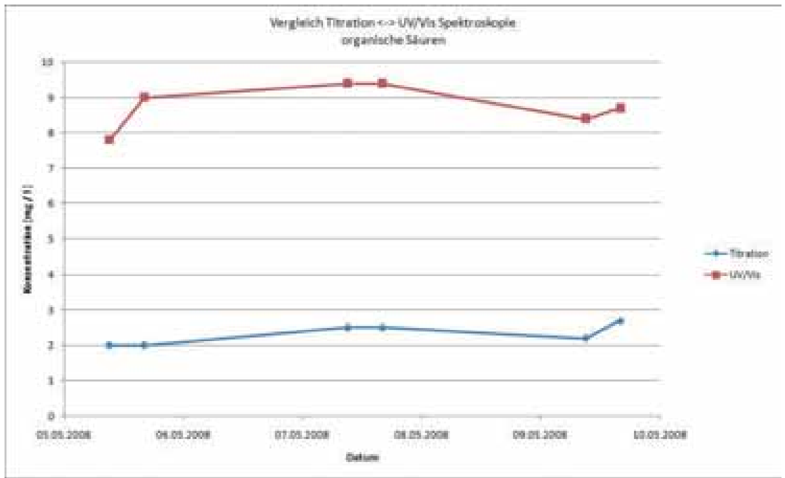


Abb. 6: Vergleich Titration und UV/Vis Spektroskopie

Entwicklung eines Tunnel-Spacers für Spiralwickelelemente

Membranprozesse haben in der Trenntechnik für industrielle Flüssigkeiten einen bedeutenden Platz eingenommen und sind eine Schlüsseltechnologie bei der Trinkwassergewinnung und der Abwasseraufbereitung. Hier werden wegen ihrer sehr kompakten Bauweise und wegen ihres relativ geringen Energieverbrauches vorzugsweise Spiralwickelelemente eingesetzt. Nachteilig ist jedoch die große Gefahr des Verblockens der Strömungskanäle durch gelöste und ungelöste Wasserinhaltsstoffe. Auch die Anwendungsgrenzen von Membranverfahren werden durch die engen Feedkanäle und die diese bildenden Feedspacer bestimmt.

Ziel dieser Arbeiten war es, im Auftrag der EnviroChemie GmbH in Rossdorf, einen Tunnel-Spacer herzustellen, Wickelelemente mit Umkehrosmose-Membranen damit auszurüsten, zu testen und mit Wickelelementen mit einem handelsüblichen Parallel-Spacer zu vergleichen.

Parallel dazu sollten durch eine zweidimensionale computergestützte Strömungssimulation die Strömungsverhältnisse in dem Tunnel-Spacer genauer abgebildet und analysiert und mit denen in einem Parallel-Spacer-Kanal verglichen werden.

Herstellung des Tunnel-Spacers

Herkömmliche sogenannte Parallel-Spacer bestehen meist aus einem Kunststoff-Netz, das aus ca. 1,2 Millimeter (mm) dicken Fäden gebildet wird, die parallel zur Strömung ausgerichtet sind und durch dünnere Querfäden stabilisiert werden. Diese Querfäden erhöhen einerseits die Strömungsgeschwindigkeit an der Membranoberfläche und begünstigen somit die Trennleistung. Zum anderen kommt es aber im Bereich der Querfäden auch zu Strömungstotzonen und sogar zu Rückströmungen mit sehr geringem Stoffaustausch, wodurch sich Ablagerungen bilden können. Konstruktionsbedingt weist der Parallel-Spacer einen Druckverlust auf, der den Einsatz gerade bei energiesparenden Niederdruck-Membranprozessen wie der Mikrofiltration sehr einschränkt, da der Druckverlust im Modul in der gleichen Größenordnung liegt wie der gesamte zur Verfügung stehende Betriebsdruck. (Abb. 1)

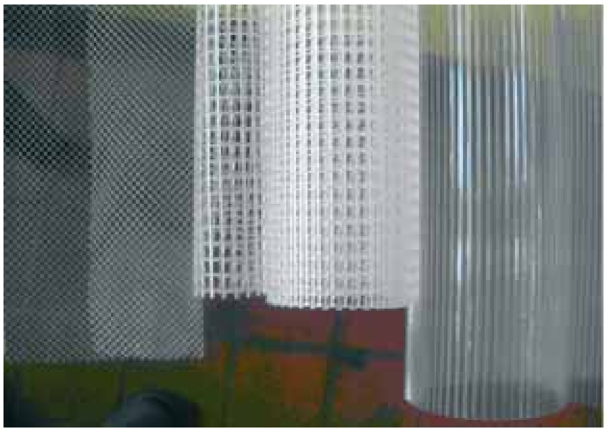
Der neuartige Tunnel-Spacer bildet durch seine wellenförmige Kontur große freie Strömungskanäle und weist somit in Strömungsrichtung keine Hindernisse auf, die Toträume bilden können. Somit ist der Tunnel-Spacer besonders geeignet für hoch belastete Abwässer. Auch ist der Druckverlust praktisch vernachlässigbar.

Die Zielsetzung des Projektes beinhaltet die
- Herstellung des neuartigen Tunnel-Spacers
- Herstellung von Spiralwickelelementen unter Verwendung dieses Spacers
- Vergleichende strömungstechnische Analyse verschiedener Feedspacer mittels Computational-Fluid-Dynamics (CFD) Simulationen
- Untersuchung der Trenncharakteristik der neuen Wickelelemente im Labor

Zur Herstellung des Tunnel-Spacers musste zunächst ein geeigneter Kunststoff gewählt und eine Prägetechnik entwickelt werden. Da die Materialeigenschaften der Kunststoffe und die Prägetechnik aufeinander abgestimmt sein müssen, wurden hierzu Versuche mit verschiedenen Materialien in verschiedenen Stärken an zwei Test-Prägevorrichtungen (Walzendurchmesser 35 mm) mit radialen beziehungsweise axialen Rillen in zwei Modulhöhen durchgeführt. Es zeigte sich, dass mit radialen Rillen keine gleichmäßige Spacerkontur erzeugt werden kann, während mit axialen Rillen aber eine sehr gleichmäßige Wellenform erreicht wurde.

Als Material wurden PVC-Folien gewählt, da sie die beste Verformbarkeit aufweisen. (Abb. 2)

Nach der Festlegung des Materials, der Walzenform und der entsprechenden Modulhöhe erfolgten Versuche zur Fertigungsmethode, bei der insbesondere der Grad der Erwärmung der Folie und die Walzengeschwindigkeit untersucht wurden. Auf Grund der Ergebnisse dieser Versuche wurde die endgültige Prägevorrichtung zur Pro-



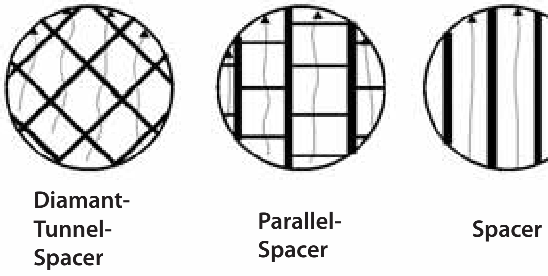


Abb. 1: Darstellung verschiedener Spacertypen

Radiale Rillen **Axiale Rillen**

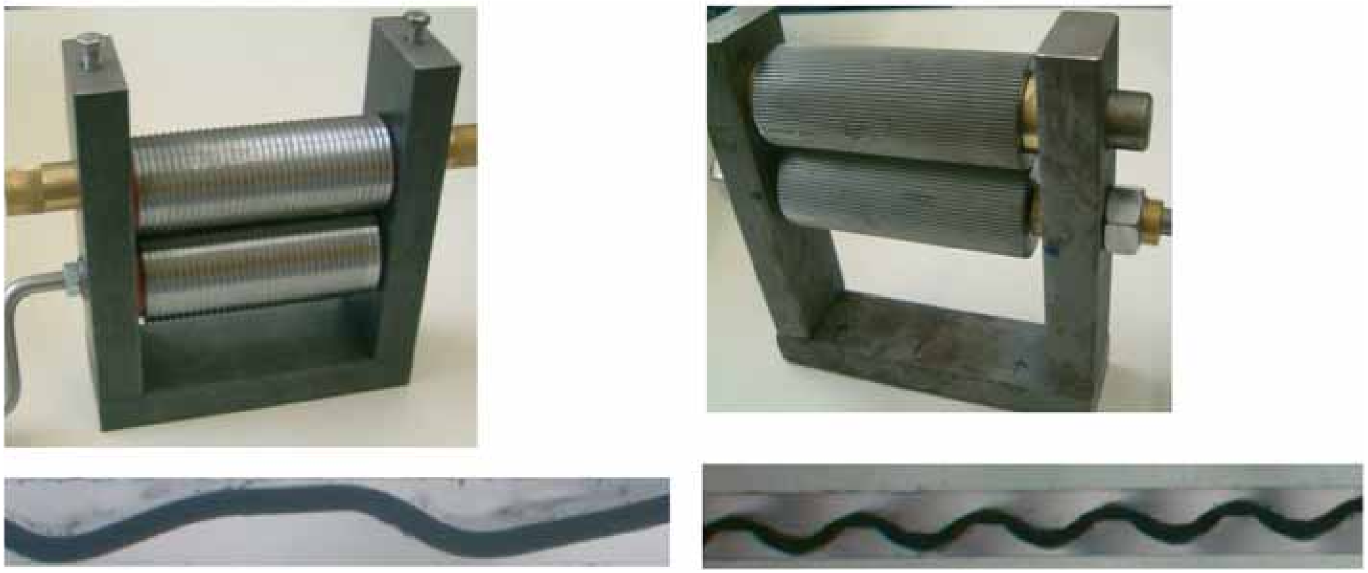


Abb. 2: Test-Prägevorrichtung und erzeugte Wellenformen

duktion der in den späteren Untersuchungen verwendeten Tunnel-Spacer gefertigt.

Es wurde eine Ausführung für einen Membranabstand von 50 mil (1,2 mm) hergestellt. Dieser Abstand wurde in Hinblick auf die Hauptanwendungsbereiche gewählt: der Behandlung von Abwässern mit primär bereits vorhandenen hohem Feststoff- und Kolloidgehalt und solchen Flüssigkeiten, die die Gefahr von Fouling insbesondere durch Mikroorganismen in sich bergen.

Hierbei erfolgte eine Optimierung zwischen der aus Sicht der Strömungsführung erforderlichen Gestaltung des Spacers und der Gestaltung der Werkzeuge in Hinblick auf die Machbarkeit und Fertigungsgesichtspunkte. Dabei war zu beachten, dass im Unterschied zu entsprechenden industriell verfügbaren Verformungstechnologien hier nicht die Produktion einer großen Folienfläche im Vordergrund steht, sondern die Fertigung relativ kleiner Flächen in Quasi-Einzelfertigung.

Die mit dieser Prägevorrichtung erzeugte Kontur des Tunnel-Spacers ist vergrößert in Abb. 3 dargestellt.

Die endgültige Fertigungsmethode kann zusammenfassend wie folgt beschrieben werden:

Die Spacerkontur wird in eine ebene Kunststofffolie mit entsprechender Materialstärke mit Hilfe zweier gegenläufig drehenden Walzen mit axialen Rillen geprägt. Diese axiale Rillenstruktur ist erforderlich, um die Folie gleichmäßig durch die Prägevorrichtung zu führen. Daraus ergibt sich allerdings, dass die wirksame Länge der Prägevorrichtung mindestens gleich der späteren Elementlänge sein muss.

Die Walzen werden dabei durch Wärmestrahler berührungslos beheizt. Die zu kalandrierende Folie wird ebenso erwärmt, um eine ausreichende Verformbarkeit zu gewährleisten. Damit der Tunnel-Spacer in Wickelelementen verwendet werden kann, ist es erforderlich, dass er trotz der Verformung eben bleibt. Hierzu ist insbesondere eine gleichmäßige Temperaturverteilung als auch ein gleichmäßiger Krafteintrag zu gewährleisten. Umd das zu erreichen, werden die Prägewalzen durch einen Motor mit regelbarer Drehzahl angetrieben. Um die optimale Drehzahl beziehungsweise die optimale Geschwindigkeit für die Prägung zu ermitteln, wurden an der endgültigen Prägevorrichtung entsprechende Testläufe bei verschiedenen Heizleistungen der Wärmestrahler durchgeführt.

Strömungstechnische Eigenschaften des Tunnel-Spacers

Die Maschen des Diamant-Spacers werden in einem Winkel von 45 Grad angeströmt. Dadurch entstehen in den Ecken vor und hinter der Anströmung Toträume, in denen nur eine geringe Strömungsgeschwindigkeit herrscht. Diese Ecken sind anfällig für Fouling und Scaling. Da sich in wenig überströmten Bereichen bei gleichem Anlagendruck die Wasserinhaltsstoffe höher konzentrieren, können diese aufgrund von lokaler Übersättigung ausfallen (Scaling). Diese bieten auch weitere Anlagerungsmöglichkeiten für Partikel.

Der leiterartig aufgebaute Parallel-Spacer lässt ebenfalls Totzonen entstehen, in denen sich Partikel ablagern können. Diese Totzonen entstehen direkt vor und hinter den angeströmten Querfäden, insbesondere bei direkt auf der Membran aufliegenden Querfäden. Einseitig aufliegende Fäden begünstigen mehr Scaling, Fouling, und die Partikelablagerung und mittige Querfäden verursachen höhere Wirbel, die ebenfalls Totzonen bilden können.

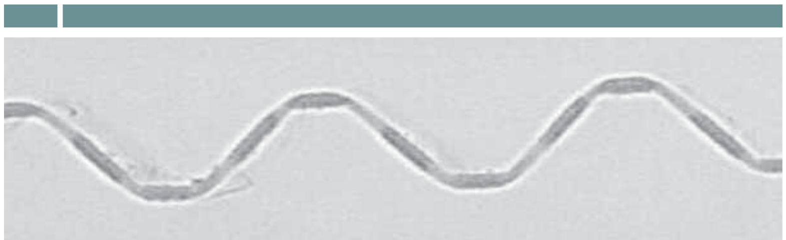


Abb. 3: Kontur des produzierten Tunnel-Spacers

Da man die Strömungsverhältnisse in einem Strömungskanal zwischen zwei Membrantaschen nicht direkt beobachten kann, werden diese durch eine CFD-Simulation mittels der Software FLUENT berechnet. Ziel der Simulation ist es, Aussagen zur Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit im Feedkanal und insbesondere an der Membranoberfläche zu erhalten, da diese den Stoffübergang und die Konzentrationspolarisation bestimmt.

Wie Abb. 4 zeigt, steigt die Strömungsgeschwindigkeit über den Querfäden auf v = 0,9 m/s an. Dies führt an der oberen Membrane zu einer relativ geringen Grenzschichtbildung. Das Ablagern von Partikeln auf der Membranoberfläche wird dort also erschwert, ebenso wird die Konzentrationspolarisation reduziert.

Vor und zwischen den Spacerfäden ist jedoch die Geschwindigkeit deutlich reduziert. Besonders zu beachten ist außerdem, dass es zwischen den Querfäden zu einer Rezirkulationsströmung kommt. Dadurch bildet sich eine ausgeprägte Grenzschicht, die das Ablagern von Feststoff-Partikeln aus dem Zulaufstrom begünstigt. Feststoffe können sich in den Totzonen ablagern und von dort ausgehend Membranverblockung verursachen. Ebenso begünstigt die Rückströmung die Bildung von Scaling.

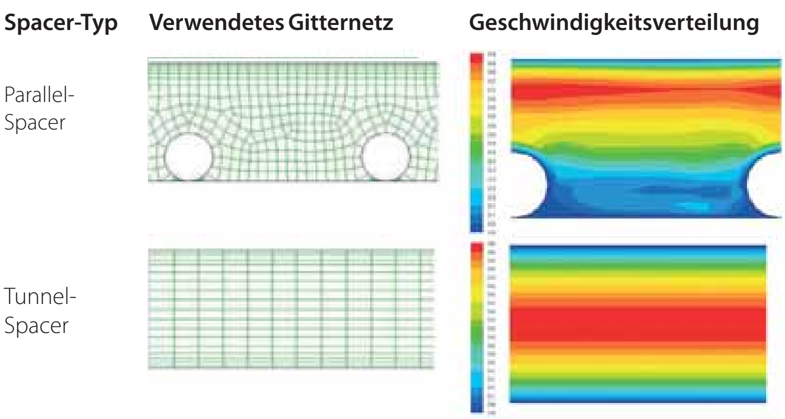


Abb. 4: Gitternetz und Geschwindigkeitsverteilung in den Spacer-Kanälen

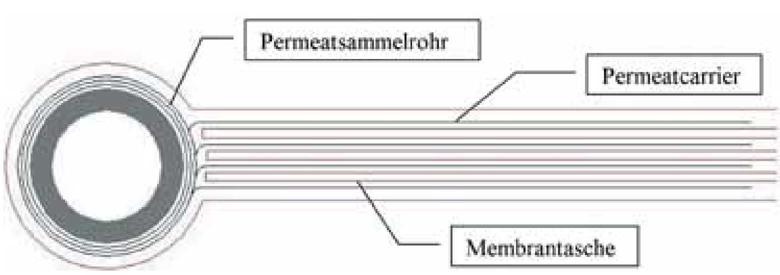


Abb. 5: Schematischer Aufbau eines Spiralwickelelements



Abb. 6: Spiralwickelelement mit Tunnel-Spacer

Aus Abb. 4 ist ebenso ersichtlich, dass die Strömung im Tunnel-Spacer gleichmäßig verläuft und das typische Profil einer laminaren Strömung aufweist. Man erkennt deutlich die symmetrische Geschwindigkeitsverteilung und die Bildung der Grenzschicht an der Membran. Die Strömungsgeschwindigkeit nimmt von der Membran zum Kernstrom in der Mitte hin stetig zu bis zu einer Maximalgeschwindigkeit von v = 0,6 m/s. Das parabolische Strömungsprofil entspricht den laminaren Bedingungen im Kanal.

Fertigung der Wickelelemente

Parallel zur Entwicklung und Fertigung des Tunnel-Spacers wurden Spiralwickelelemente entwickelt und gefertigt. Dazu wurden verschiedene Wickeltechniken analysiert und bewertet. Die allgemeine Vorgehensweise bei der Fertigung von Spiralwickelelementen kann wie folgt beschrieben werden:

Die zugeschnittene Flachmembran wird in Taschen gefaltet und zusammen mit dem Feed-Spacer und dem Permeat-Carrier auf einem Wickeltisch bereit gelegt. Der Permeat-Carrier wird um das perforierte Permeatsammelrohr gewickelt und an den Enden und auf dem Rohr verklebt. Anschließend werden die Taschen an den Seiten auf das Permeatrohr geklebt.

Damit der Weg, den das Permeat bis zum Permeatrohr zurücklegen muss, nicht zu lang und damit der permeatseitige Druckverlust nicht zu groß wird, sind in der Regel eine Vielzahl von Membrantaschen erforderlich (Abb. 5).

Danach werden die Taschen zusammen mit dem Feed-Spacer und dem Permeat-Carrier spiralförmig um das Permeatsammelrohr gewickelt und die einzelnen Taschen dabei an den Seitenrändern ebenfalls verklebt. Zum Schluss werden die Taschen am Ende in Längsrichtung verklebt. Das Element wird nur in Form getrimmt und an den Stirnseiten beschnitten. Anschließend wird um das Element eine äußere Fixierung angebracht.
Die Abb. 6 zeigt rechts die Frontseite eines des mit dem Tunnel-Spacer für die anschließenden Versuche gefertigten Elementes. Man erkennt deutlich die offenen Strömungskanäle im Vergleich zu dem Element mit einem Standard-Parallel-Spacer (links).

Ergebnisse aus den Testversuchen mit der Technikumsanlage

Mit den so produzierten Spiralwickelelementen wurden verschiedene Versuchsreihen mit der in der Abb. dargestellten Technikumsanlage gefahren. (Abb. 7)

Ziel der Untersuchungen war, die Trenncharakteristik von Elementen mit Tunnel-Spacer im Vergleich zu der mit Parallel-Spacer zu bestimmen. Das Parameterfeld der Versuchsbedingungen umfasste dabei die Variation der Salzkonzentration, die Variation des Feedvolumenstromes und der Drücke. Als Testsalz wurde $NaNO_3$

gewählt, das dieses Salz auch bei der Verwendung von Umkehrosmose-Membranen eine relativ geringe Rückhaltung erfährt. Damit wird es möglich, die Einflüsse der Versuchsparameter genauer zu erfassen. Da praktisch alle anderen relevanten Salze eine deutlich höhere Rückhaltung zeigen, wird so für die Rückhaltung ein unterer Wert bestimmt. Die Drücke wurden derart gewählt, dass ein maximaler Permeatfluss von 40 L/(m^2·h) nicht überschritten wurde.

Um die Trenncharakteristik der beiden Spacer-Typen zu vergleichen, wurden insbesondere die Rückhaltung und der Permeatfluss als Funktion des Druckes und des Feedvolumenstromes gemessen.

Die Rückhaltung R wird nach der folgenden Gleichung berechnet, in der c_P die mittlere Konzentration im Permeat und c_K diejenige im Konzentrat bedeutet.

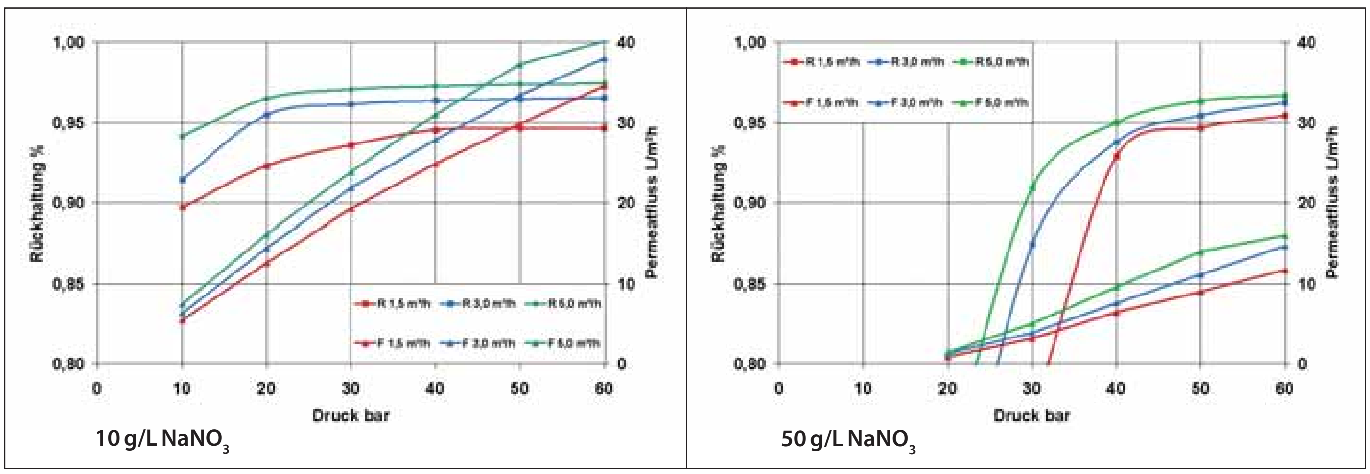
In der Graphik 1 sind für den Tunnel-Spacer die Ergebnisse für einen Salzgehalt von 10 g/L und 50 g/L wiedergegeben; Graphik 2 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für den Parallel-Spacer. Die Abkürzung R steht in den Diagrammen für die Rückhaltung und F steht für den Permeatfluss.

Rückhaltung

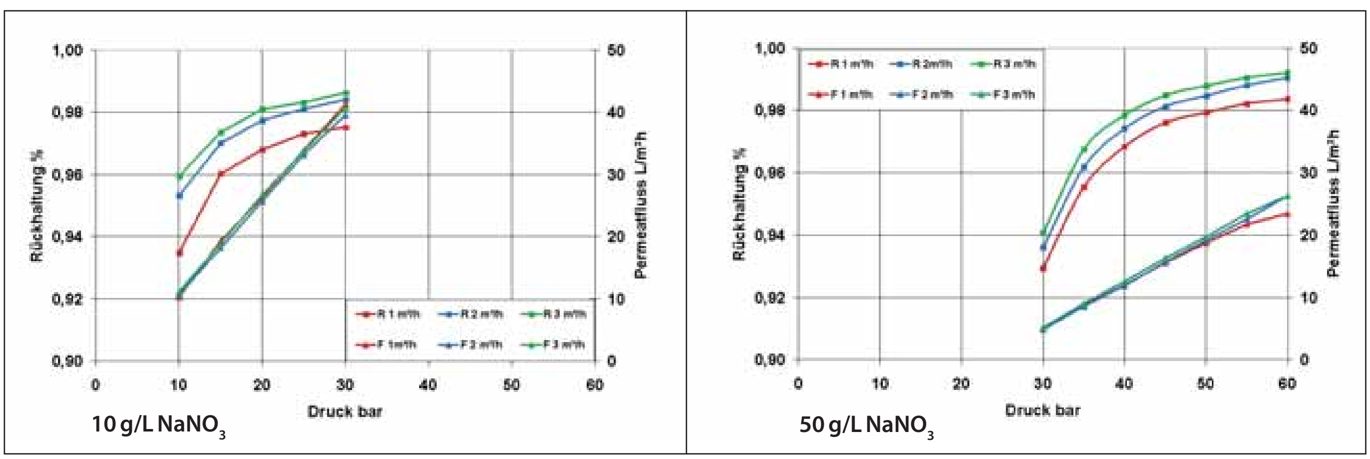
In allen Fällen steigt die Rückhaltung, wie erwartet, mit dem Druck und dem Feedvolumenstrom an. Die Zunahme der Rückhaltung mit steigendem Druck folgt aus dem Lösungs-Diffusions-Modell (LDM). Die Zunahme der Rückhaltung mit steigendem Feedvolumenstrom hat ihre Ursache in der Reduzierung der Konzentrationspolarisation an der Membran. Diese macht sich vor allem bei kleinen treibenden Drücken und geringen Strömungsgeschwindigkeiten im Element bemerkbar.

Beim Tunnel-Spacer wird bei einem $NaNO_3$-Gehalt von 10 g/L und 5 m^3/h Überströmung ein Rückhalt von 97,1 Prozent bei einem Druck von 30 bar erreicht, bei einer Überströmung von 3 m^3/h sind es dagegen nur 96,1 Prozent. Bei einem Salzgehalt von 50 g/L wird bei einer Überströmung von 5 m^3/h ein Rückhalt von 96,4 Prozent wegen des größeren osmotischen Druckes erst bei 50 bar erreicht.

Die Werte für die Rückhaltung liegen beim Parallel-Spacer unter gleichen Bedingungen höher als beim Tunnel-Spacer. Bei einem $NaNO_3$-Gehalt von 10 g/L und 3 m^3/h Überströmung ein Rückhalt von 98,6 Prozent bei einem Druck von 30 bar erreicht, bei einer Überströmung von 1,5 m^3/h sind es dagegen nur 98,1 Prozent. Bei einem Salzgehalt von 50 g/L wird bei einer Überströmung von 3 m^3/h ein Rückhalt von 98,8 Prozent wegen des größeren osmotischen Druckes erst bei 50 bar erreicht.



Graphik 1: Rückhaltung und Permeatfluss für den Tunnel-Spacer



Graphik 2: Rückhaltung und Permeatfluss für den Parallel-Spacer



Abb. 7: Technikumsanlage zur Bestimmung der Trenncharakteristik

Es sei jedoch nochmals betont, dass die Versuche mit $NaNO_3$ durchgeführt wurden, das ohnehin nur sehr schlecht von Umkehr-Osmose-Membranen zurückgehalten wird. In der Regel dürfte die Rückhaltung für die beabsichtigten Anwendungen ausreichend sein.

Permeatfluss

Die Zunahme des Permeatflüsse mit steigendem Druck folgt ebenfalls aus dem Lösungs-Diffusions-Modell. Im Vergleich zum Tunnel-Spacer ist der Permeatfluss beim Parallel-Spacer unter gleichen Bedingungen etwa doppelt so groß.

Dieses Verhalten kann im Wesentlichen auf zwei Ursachen zurückgeführt werden: Zum einen ist aus den Diagrammen ersichtlich, dass die Kurven der Permeatflüsse bei dem Tunnel-Spacer mit zunehmender Überströmung eine größere Spreizung erfahren. Das bedeutet, dass ein größerer Feedvolumenstrom die Konzentrationspolarisation reduziert und damit den treibenden Druck deutlich erhöht.
Der zweite Grund liegt in der Fertigung der Wickelelemente begründet. Bei der Fertigung der Prototypen wurde eventuell eine zu hohe Zugkraft beim Wickeln in das Element eingetragen, wodurch der Tunnel-Spacer teilweise an den Rundungen verformt wurde und so eine größere Membranfläche bedeckt. Dadurch muss ein höherer Druck aufgewendet werden, um den gleichen Permeatfluss pro Wickelelement zu erzeugen.

Da ein Spiralwickelelement mit einem Tunnel-Spacers jedoch praktisch keinen Druckverlust aufweist, kann man die angebotene Membranfläche leicht erhöhen, in dem man mehrere Elemente in ein Druckrohr hintereinander einbaut. Wegen der hohen Überströmung ist die Permeatausbeute relativ gering, so dass in den fol-

Parameter	Werte	Einheit
Salzkonzentration	2; 5; 10; 20; 50	g/L
Feedvolumenstrom Tunnel-Spacer	1,5; 2; 3; 4; 5	m^3/h
Feedvolumenstrom Parallel-Spacer	1,0; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 3,0	m^3/h
Druck	10; 20; 30; 40; 50; 60	bar

Tabelle 1: Parameterfeld zum Vergleich Tunnel-Spacer und Parallel-Spacer

Abstract

Als Ziel dieser Forschungsarbeit sollten ein Tunnel-Spacer hergestellt, Wickelelemente mit Umkehrosmose-Membranen damit ausgerüstet werden und in Tests mit Wickelelementen mit handelsüblichen Parallel-Spacern verglichen werden. Parallel dazu sollten durch eine zweidimensionale computergestützte Strömungssimulation die Strömungsverhältnisse in dem Tunnel-Spacer genauer abgebildet und analysiert und mit denen in einem Parallel-Spacer-Kanal verglichen werden. Dabei stellte sich heraus: mit der entwickelten Prägevorrichtung und der zugehörigen Fertigungstechnik können geeignete Tunnel-Spacer und entsprechende Spiralwickelelemente gefertigt werden. Die erreichte Rückhaltung für NaNO3 und die erzielten Permeabilitäten liegen unter denen eines Parallel-Spacers, aber für die vorgesehenen Anwendungen durchaus im technisch sinnvollen Bereich. Weitere Optimierungen liegen in der Anpassung der Wickeltechnik auf den Tunnel-Spacer.

Projektleitung

Prof. Dr. Gerd Braun
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik
gerd.braun@fh-koeln.de

Projektbeteiligter

Prof. Dr. René Cousin
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Technische Gebäudeausrüstung

Projektpartner

EnviroChemie GmbH, Rossdorf



genden Elementen praktisch die gleichen hydraulischen Verhältnisse herrschen. Dabei würden sich lediglich die Membrankosten erhöhen, wobei die absolute Größe des Permeatflusses für Anwendungen im Abwasserbereich vollkommen ausreichend ist.

Fazit

Aus diesen Ergebnissen folgt für das Vertikal-Modul, dass ein Feedvolumenstrom von 3 m^3/h - 5 m^3/h für den freien Querschnitt eines 4 Zoll-Wickelmoduls mit 50 mil Tunnel-Spacer ausreichend ist. Im Hinblick auf die energetische Optimierung des Vertikal-Moduls ist ein Volumenstrom von Q = 3 m^3/h vorzuziehen. Unterhalb dieses Volumenstroms sind erhöhte Effekte der Konzentrationspolarisation auf den Ionenrückhalt an der Membran zu erwarten.

Insgesamt ist festzuhalten, dass mit der entwickelten Prägevorrichtung und der zugehörigen Fertigungstechnik geeignete Tunnel-Spacer und entsprechende Spiralwickelelemente gefertigt werden können. Die erreichte Rückhaltung für $NaNO_3$ und die erzielten Permeabilitäten liegen unter denen eines Parallel-Spacers, aber für die vorgesehenen Anwendungen durchaus im technisch sinnvollen Bereich. Weitere Optimierungen liegen in der Anpassung der Wickeltechnik auf den Tunnel-Spacer.

Gerd Braun

Untersuchungen zum Silikat-Scaling auf Umkehrosmose-Membranen

Die Umkehrosmose ist bei weitem der effizienteste Entsalzungsprozess und spielt eine wichtige Rolle in der Wasseraufbereitung. Jedoch treten bei hohen Silikat-Konzentrationen in vielen Membrananlagen große Probleme durch irreversibles Verblocken der Membranen durch Silikat-Ablagerungen (Scaling) auf. Um die Anlagen dennoch wirtschaftlich und technisch sinnvoll betreiben zu können, werden spezielle Chemikalien, sogenannte Antiscalants, eingesetzt.

Die Aufgabe des planenden Ingenieurs ist es, ein wirksames Antiscalant einzusetzen und die optimale Dosiermenge entsprechend der Wasserzusammensetzung zu finden. Dazu fehlen jedoch geeignete Testmethoden. Normalerweise wird nur die Silikat-Konzentration im Ausgangswasser betrachtet und daraus die maximale Aufkonzentrierung berechnet, so dass die Löslichkeitsgrenze für Silikat gerade nicht überschritten wird. Da die Konzentration der anderen Ionen, und dabei vor allem Calcium, nicht beachtet wird, ist diese Berechnungsmethode fehlerhaft und kann zu schwerwiegenden Problemen führen.

In dem beschriebenen Vorhaben wurden zunächst Laborversuche zum Einfluss der Kationen auf das Verhalten von übersättigten Lösungen von Silikat in verschiedenen Testwässern durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen aus den Laborversuchen wurde eine neue Testmethode zur Bestimmung der Effektivität von Antiscalants entwickelt. Es werden Ergebnisse aus Testserien zum Einfluss von Ca^{2+}- und Mg^{2+}-Ionen, des pH-Wertes und zum Einfluss von Antiscalants zur Reduzierung des Silikat-Scalings präsentiert. Für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeiten durch die Firma BKG Water Solutions in Düsseldorf sei an dieser Stelle gedankt.

Formen von Silikaten in Wasser

Über die genaue Struktur von Silikaten in wässrigen Lösungen ist wenig bekannt. In der Literatur findet man nur Informationen über die allgemeine Chemie von Silikaten. In natürlichen Wässern kommen Silikate in verschiedenen Formen vor. Das Hauptgleichgewicht besteht zwischen folgenden Formen /1/:

$$SiO_2 + 2H_2O = Si(OH)_4$$
$$Si(OH)_4 + OH^- = HSiO_3^- + 2H_2O$$

Wird jedoch die Konzentration an Silikaten erhöht, neigt das gelöste Silikat zur Polymerisation, die einem ionischen Mechanismus folgt /2/: Die Dimerisierungsreaktion lautet

$$Si(OH)_4 + OH^- = SiO(OH)_3^- + 2H_2O$$
$$SiO(OH)_3^- + Si(OH)_4 = (OH)_3SiOSi(OH)_3 + OH^- \text{ (Dimerisation)}$$

Die Polymerisation kann mit großer Verzögerung eintreten. In dieser Zeit ist die monomere Lösung relativ stabil. Wenn jedoch die Polymerisation einmal begonnen hat, sinkt die Konzentration an Monomeren sehr schnell ab. Das liegt in der Tatsache begründet, dass das Monomer sehr viel schneller mit Dimeren und höheren Oligomeren reagiert als mit anderen Monomeren. Daher ist es sehr schwierig, die Polymerisation von Kieselsäure zu beobachten und eine Vorhersage über die entstehenden Moleküle und deren Konzentration zu treffen.

Zusätzlich führt die Kieselsäure-Polymerisation zur Bildung einer enormen Anzahl von Strukturen /3/: Ringverbindungen verschiedener Größe, verknüpfte Polymerketten mit verschiedenen Molekularmassen und oligomeren Strukturen. Das resultierende Scaling-Produkt ist eine komplexe amorphe Mischung aus einer Vielzahl von Komponenten.

Aus diesen Gründen ist es schwierig, gezielt Antiscalingmittel für Kieselsäure einzusetzen. Es ist praktisch unmöglich, genau zu wissen, welche Spezies vorliegen, wie sie reagieren und welche Spezies eigentlich für das Verblocken der Membran verantwortlich ist. Diejenige Molekularmasse, bei der die Kieselsäure noch stabil in Lösung bleibt und derjenigen, die zu Ausfällungen führt, ist ebenfalls noch nicht eindeutig bestimmbar.

Da die chemische Struktur der Kieselsäure auch die geeignete Analysenmethode bestimmt, wurden die Proben für diese Arbeit nach drei verschiedenen Methoden analysiert:

- SPM (Spektro-Photometrische Methode)
- Hach-Methode 8185 für den Apparat DR/2500.
- AAS (Atom-Absorptions-Spektrometrie)/ICP (Induktiv Gekoppeltes Plasma)

Die Hach-Methode erlaubt es, die kleinen Einheiten zu bestimmen (monomere Kieselsäure). Das Analysenergebnis umfasst dabei nicht nur die Ortho-Kieselsäure, sondern auch einige kleinere Oligomere wie Dimere oder etwa Trimere. Die genaue Zahl der reaktiven Einheiten ist nicht bekannt.
Die ASS- und ICP-Methoden erlauben es, den Gesamtgehalt an Kieselsäure in der Lösung zu bestimmen, der sowohl die löslichen reaktiven Anteile als auch die großen polymeren Strukturen (polymere Kieselsäure) umfasst.
Die Bestimmung dieser beiden Kieselsäurespezies wurde an filtrierten Proben durchgeführt. Aus der Differenz der Konzentration des „polymeren Silikates“ und der Silikat-Konzentration zu Versuchsbeginn kann die Menge an Ausfällung respektive Gel (filtrierbares Silikat) bestimmt werden.

Laborexperimente zum Einfluss der Kationen

Die Ursache der Schwierigkeiten bei der Inhibierung von Scaling durch Kieselsäure liegt in der Veränderung ihrer chemischen Struktur. Der normale Ansatz, um Scaling zu vermeiden, ist eine Kombination von Inhibitoren und dispergierenden Polymeren /4/, die das Kristallwachstum der Scaling-Bildner verhindern. Dieser Ansatz versagt bei Kieselsäure, da Kieselsäure keine Kristalle bildet, sondern über den Weg der Polymerisation und der Gelbildung in amorphen Feststoffen ausfällt. Da außerdem die genaue Struktur der sich bildenden Feststoffe unbekannt ist, wird die Entwicklung eines geeigneten Inhibitors erschwert.

Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass es zur Entwick-

lung eines geeigneten Kieselsäure-Inhibitors unbedingt erforderlich ist, das Verhalten der Kieselsäure und die Parameter, die die Polymerisation beeinflussen, besser zu verstehen.

Iler/1/ berichtet, dass bei einem pH-Wert von 7 die Kieselsäurepartikel negativ geladen sind und sich gegenseitig abstoßen. Daher bilden die Partikel keine Kolloide, sondern wachsen ohne Aggregation. Wird jedoch Salz hinzugefügt, wird die abstoßende Ladung abgeschwächt, was die Aggregation und die Gelbildung fördert. Nach Neofotistou /4/, begünstigt die Gegenwart von Calcium- oder Magnesiumionen die Bildung von Kieselsäureablagerungen. Koo /5/ berichtete ebenfalls über den unterschiedlichen Einfluss von Ca^{2+} and Mg^{2+} auf die Polymerisation von Kieselsäure.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen detaillierter den Einfluss der Ca^{2+}-Konzentration auf die gemessene Kieselsäure-Konzentration als Funktion der Zeit. In diesen Experimenten wurden unterschiedliche Mengen an NaCl und $CaCl_2$ der Ausgangslösung von 1.000 ppm SiO_2 zugegeben. Die Gesamtmenge an zugegebenem Salz betrug stets 25 mmol/L, wobei das Verhältnis zwischen NaCl und $CaCl_2$ variiert wurde. Beispielsweise bedeutet in den folgenden Abbildungen 5 mmol/L NaCl eine $CaCl_2$-Konzentration von 10 mmol/L bzw. 20 mmol/L NaCl eine von 2,5 mmol/L $CaCl_2$.

Die Ergebnisse der AAS-Analysen im Zusammenhang mit den SPM-Analysen zeigen, dass, je mehr Calcium die Lösung enthält, umso höher die Bildung von filtrierbaren Silikaten und umso geringer die Endkonzentration von polymeren Silikaten ist. Die jeweilige Endkonzentration wird ebenso mit zunehmendem Calciumgehalt schneller erreicht (Abb. 1). Die Konzentration an Calcium hat demgegenüber keinen Einfluss auf die Endkonzentration an monomerer Kieselsäure (Abb. 2).

Entwicklung der Testmethode

Um die Beobachtungen aus den Laborexperimenten an einer Umkehrosmose-Anlage zu untersuchen, wurde eine neue Testmethode entwickelt. Der Aufbau der Testanlage, wie er für diese Arbeit verwendet wurde sowie das zugehörige Fließbild, zeigen die Abb.en 3 und 4.
Das zu untersuchende Wasser wird in der Anlage durch zwei Testzellen mit jeweils 80 cm² Membranfläche bis zu einem definierten volumetrischen Faktor aufkonzentriert. Bis die gewünschte Aufkonzentrierung erreicht ist, wird eine zeitlich konstante Permeatmenge entnommen und das Konzentrat in den Vorratsbehälter zurückgeführt.

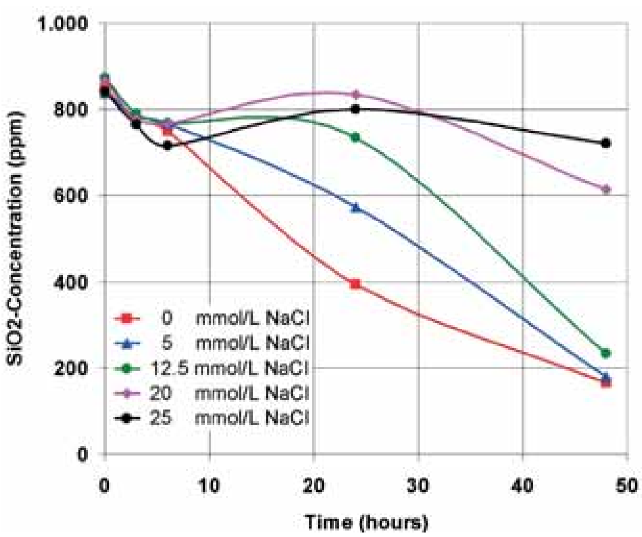


Abb. 1: SiO2-Konzentration vs. Zeit NaCl/CaCl2 AAS

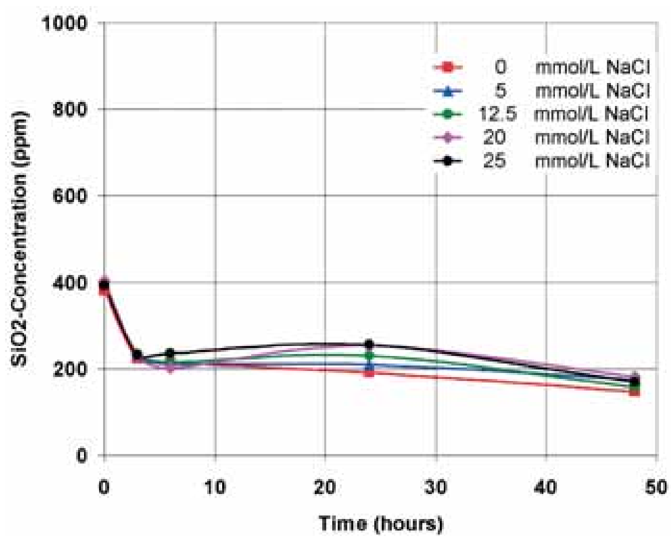


Abb. 2: SiO2-Konzentration vs. Zeit NaCl/CaCl2 SPM

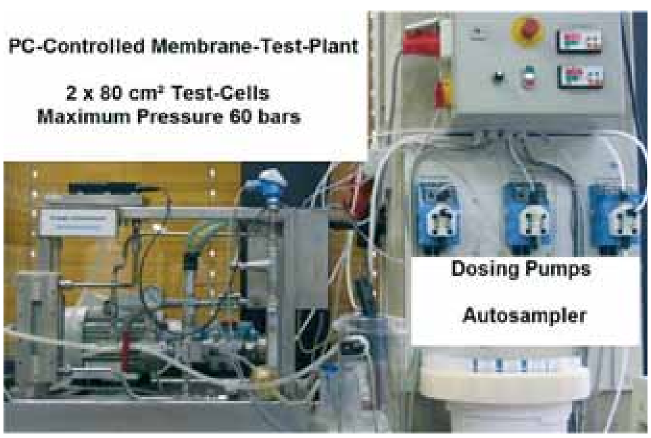


Abb. 3: Membran-Versuchs-Anlage

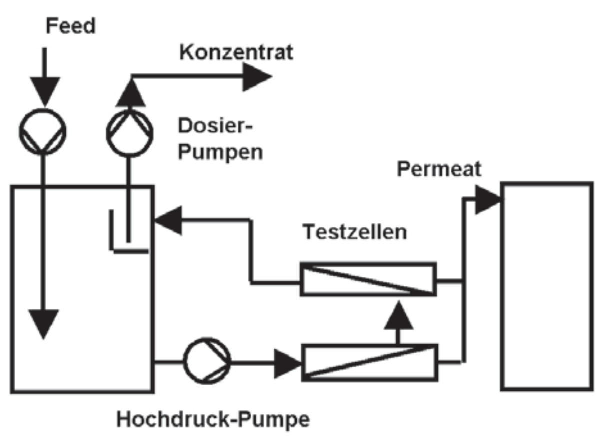


Abb. 4: Fließschema der Versuchs-Anlage

Sobald die angestrebte Aufkonzentrierung erreicht ist, wird die Anlage kontinuierlich bei dem erreichten Konzentrationsniveau weiterbetrieben: es wird also weiter das Versuchswasser zugeführt und kontinuierlich sowohl eine konstante Permeatmenge wie auch eine konstante Konzentratmenge in dem gewählten Verhältnis entnommen. Diese Betriebsweise entspricht der Standardbetriebsweise von Umkehrosmose-Anlagen.

Während des gesamten Versuchs wird der Permeatvolumenstrom durch Anpassung des Drucks konstant gehalten, bis die Membran derart verblockt ist, dass ein Druck von 60 bar erreicht wird. In solchen Versuchen, bei denen es zu keiner messbaren Verblockung durch Membran-Scaling kommt, wird der Versuch nach einer bestimmten Versuchsdauer abgebrochen.

Als Kriterium für das Scaling-Potenzial des Testwassers unter den jeweiligen Testbedingungen wird das gesamte erzeugte Permeatvolumen bis zu einem Druck von 60 bar genommen. Während des Versuchs werden sowohl die Betriebsparameter wie Druck und Temperatur als auch der pH-Wert und Leitfähigkeiten von Permeat und Konzentrat automatisch protokolliert. Zur Bestimmung der Konzentration von relevanten Ionen werden automatisch stündlich Proben gezogen und mittel ICP analysiert.

Ergebnisse der Testserien

Ausgewählte Membranen wurden nach den Versuchen mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) analysiert. Im Falle eines Testwassers ohne Silikat ergab sich für Calciumcarbonat übersättigte Wässer ein ausgeprägter Belag aus $CaCO_3$, wenn kein Antiscalant eingesetzt wurde (Abb. 5). Demgegenüber lässt sich durch ein Antiscalant die Abscheidung von $CaCO_3$ auf der Membran nahezu vollständig verhindern (Abb. 6). Die wenigen gebildeten Strukturen weisen eine nicht-kristalline Morphologie aus.

Im Falle von Calciumcarbonat übersättigten Testwässern, die ebenfalls Silikat enthielten, ergaben sich deutlich andere Belagsstrukturen (Abb. 7). Hierfür wurde zudem die Verteilung der Elemente in der Scaling-Schicht auf der verblockten Membranoberfläche mittels EDX bestimmt. Die Abb. 7 zeigt ein Beispiel der Verteilung der Elemente Ca und Si in einer solchen Schicht. Man erkennt deutlich, dass diese Elemente die Scaling-Schicht in räumlich getrennten Strukturen aufbauen. In den Fällen, in denen das Testwasser kein Ca^{2+} jedoch hohe Konzentrationen an Kieselsäure enthält, wird das Scaling durch eine amorphe Kieselsäure-Schicht hervorgerufen (Abb. 8).

In den Versuchen wurde neben der Dosierung von Antiscalant-Mitteln als weiterer Parameter der Langelier´sche Sättigungsindex (LSI) variiert. Die gesamt erzeugte Permeatmenge hängt von der Zusammensetzung des Testwassers und hier im Besonderen vom LSI, von der Konzentration an Kieselsäure und von der Dosierung des Antiscalants ab. Mit steigender SiO_2- Konzentration nimmt die gesamt erzeugte Permeatmenge ab. Die Versuchsreihen, die mit einem städtischen Trinkwasser und mit zwei Modellwässern durchgeführt wurden, ergeben, dass Ca^{2+}- und Mg^{2+}-Ionen die Bildung von Scaling-Schichten durch Kieselsäure beeinflussen. Die Standard-Testbedingungen in dieser Arbeit sind ein LSI =1,78 (in den Testreihen mit Ca^{2+}) und eine volumetrische Aufkonzentrierung von 3.

Die Abb. 9 zeigt sehr klar den unterschiedlichen Einfluss von Ca^{2+}- und Mg^{2+}-Ionen auf die Bildung von Scaling bei unterschiedlichen Konzentrationen von Kieselsäure im Testwasser. Bei Kieselsäure-Konzentrationen oberhalb von 35 ppm ist die gesamt erzeugte Permeatmenge geringer als die Hälfte derjenigen bei 10 ppm. In den Untersuchungsreihen, bei denen 90 Prozent der Ca^{2+}-Ionen durch Mg^{2+}-Ionen ersetzt wurde, wurde kein Scaling beobachtet bis zu Kieselsäurekonzentrationen von 130 ppm. Der Versuch mit 76 ppm SiO_2 wurde nach 100 Stunden abgebrochen, da



Abb. 5: Belag auf Membran (ohne Antiscalant)

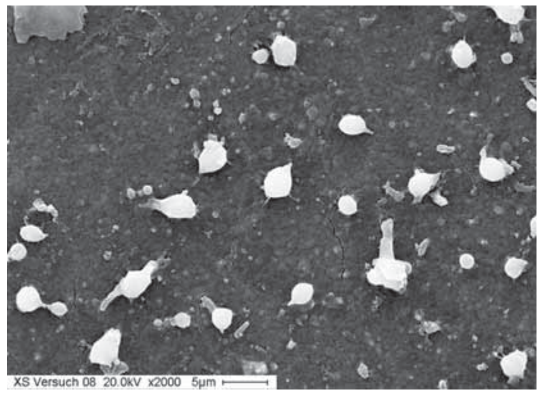


Abb. 6: Nahezu belagsfreie Membran (mit Antiscalant)

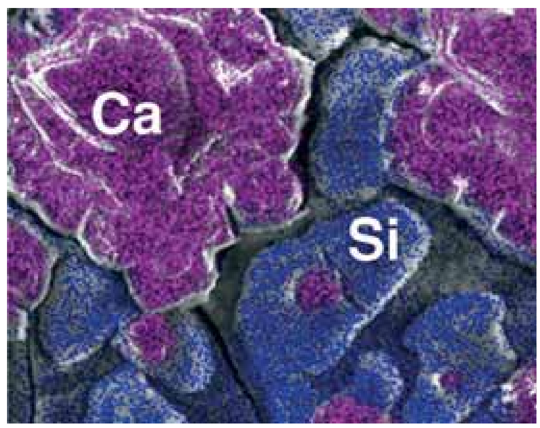


Abb. 7: Verteilung von Ca und Si auf der Membran

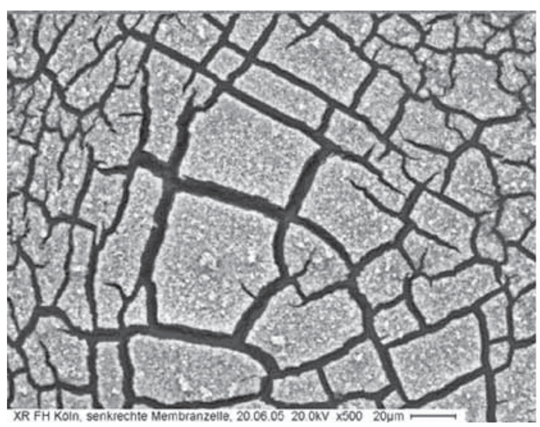


Abb. 8: Silikat-Belag auf der Membran

kein Scaling feststellbar war.

Aus der Abb. 10 lässt sich die Wirkung des zugegebenen Antiscalants ermitteln. In dieser Abbildung werden die Versuche mit P3-osmotech 1300 und ohne ein Antiscalant für ein Versuchswasser mit 2,3 mmol/L of Ca^{2+} und 0,5 mmol/L of Mg^{2+} (LSI = 1,78) verglichen.

Bei Kieselsäurekonzentrationen von 35 ppm ist die gesamt erzeugte Permeatmenge bei Dosierung mit dem gewählten Antiscalant mehr als dreimal so groß wie in dem Fall, in dem kein Antiscalant verwendet wurde. Sogar bei Kieselsäurekonzentrationen von 100 ppm im Testwasser beträgt der Faktor noch 2,5.

Der Versuch mit Antiscalant und Kieselsäurekonzentrationen von 17 ppm wurde nach 100 Stunden abgebrochen, da hier im Gegensatz zu dem Versuch mit der gleichen Ausgangskonzentration jedoch ohne Antiscalant keine Reduzierung im Permeatfluss zu beobachten war.

Abb. 11 zeigt ein Beispiel für die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen für SiO_2 und S (der Schwefel aus den Sulfationen dient hier als Indikator für den volumetrischen Aufkonzentrierungsfaktor). Aufgetragen sind die jeweiligen Konzentrationen als Funktion der erzeugten Permeatmenge.

In dem Diagramm kann man deutlich die Aufkonzentrierungsphase und den folgenden Testzeitraum bei konstanter Aufkonzentrierung um den Faktor 3 erkennen. Die Konzentration an Kieselsäure bleibt auf den ersten Blick konstant, was bedeuten würde, dass sich keine verblockenden Substanzen auf der Membran ablagerten.

Bildet man aber die Verhältnisse der jeweils aktuellen Konzentrationen zu der Schwefelkonzentration zum Versuchsbeginn t = 0 so ergibt sich ein genaueres Bild. In Abb. 12 ergibt sich für die relative Schwefel-Konzentration ein Wert von ca. 3, was der eingestellten volumetrischen Aufkonzentrierung entspricht. Die Konzentrationen von SiO_2 dividiert durch korrespondierende Konzentration des Schwefels ergibt jedoch eine fallende Kurve mit geringer Neigung. Hieraus ergibt sich, dass die absolute Menge an gebildeter Scaling-Schicht ebenfalls sehr klein ist. Daraus wird ersichtlich, dass bereits eine sehr kleine Masse an amorpher Kieselsäure ausreicht, um erhebliche Probleme durch Scaling hervorzurufen.

In der Literatur wird berichtet, dass die Bildung von polymeren Silikaten neben der ionalen Wasserzusammensetzung stark vom pH-Wert des Wassers abhängig ist. Aus Abb. 13 kann man entnehmen, dass ein pH-Wert von unter 6,5 die Polymerisation stark verzögert. Da entsprechende Versuchsreihen mit pH-Werten von 5,5 bis 6,5

Einfluss von Ca^{2+} und Mg^{2+}

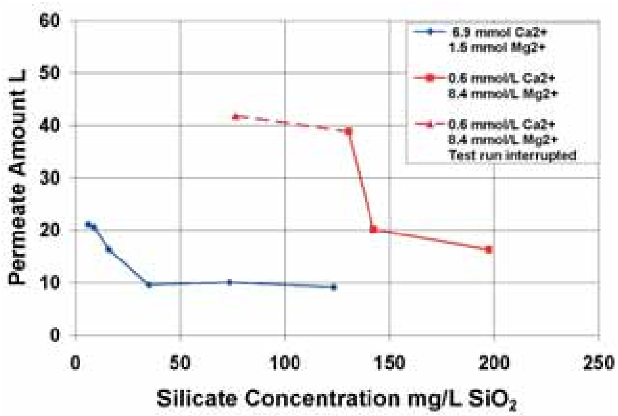


Abb. 9: Gesamtpermeatmenge vs. SiO_2-Konzentration im Konzentrat

Einfluss des Antiscalants

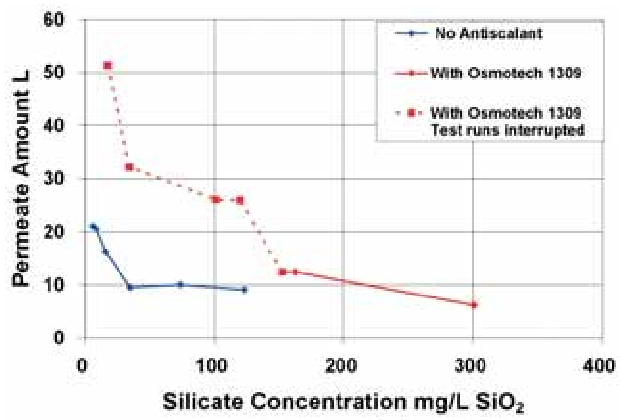


Abb. 10: Gesamtpermeatmenge vs. SiO_2-Konzentration im Konzentrat (6,9 mmol/L Ca^{2+}/ 1,5 mmol/L Mg^{2+})

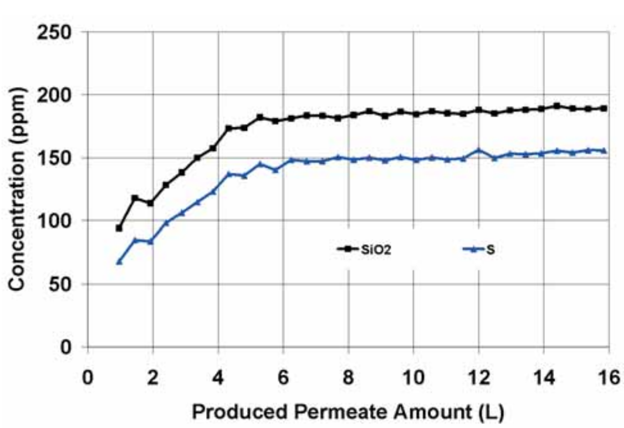


Abb. 11: Konzentration im Konzentrat vs. erzeugter Permeatmenge

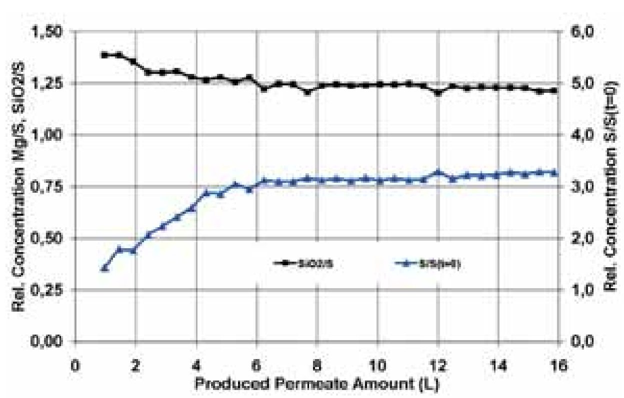


Abb. 12: Relative Konzentration vs. erzeugter Permeatmenge

ein wesentlich geringeres Scaling der untersuchten Modellwässer als bei entsprechend höheren pH-Werten ergaben, wurde als Indikator für das Scaling-Potenzial jetzt nicht mehr das gesamte erzeugte Permeatvolumen verwendet, sondern der zeitliche Druckanstieg bei konstantem Permeatvolumenstrom.

In Abb. 14 sind die Hauptergebnisse aus zahlreichen Versuchsreihen zusammengefasst. Man erkennt deutlich den Einfluss des pH-Werts auf den Druckanstieg. Bei niedrigen pH-Werten ist dieser deutlich kleiner als bei höheren pH-Werten. Die Ursache liegt in der verzögerten Polymerisation bei abgesenktem pH-Wert. Daraus lässt sich der Rückschluss ziehen, dass für das Verblocken der Membran die polymeren beziehungsweise filtrierbaren Strukturen verantwortlich sind.

Den positiven Einfluss des Antiscalants erkennt man an dem stets geringeren Druckanstieg. Besonders auffällig ist die Wirkung bei hohen SiO_2-Konzentrationen und relativ hohem pH-Wert.

Schlussfolgerungen

Die Anwendung verschiedener Analysenmethoden erlaubt es, zwischen drei verschiedenen Spezies von Silikaten zu unterscheiden: „monomere", „polymere" und „filtrierbare" Kieselsäure. Daraus ergibt sich eine bessere Kenntnis des komplexen Verhaltens von Silikaten in wässrigen Lösungen. Es konnte gezeigt werden, dass Ca^{2+}- und Mg^{2+}-Ionen einen großen Einfluss auf die Bildung von „filtrierbarer" Kieselsäure haben. Darüber hinaus beeinflussen sie ebenfalls sehr stark die Kinetik der Polymerisation. REM-Analysen der verblockten Membranoberflächen aus der Testanlage zeigten, dass die Scaling-Schicht aus Kieselsäure einen amorphen Charakter aufweist und sich dadurch signifikant von Scaling durch etwa Calciumcarbonat unterscheidet. Mit der neu entwickelten Testmethode konnte quantitativ das Scaling-Potenzial von Kieselsäure in Abhängigkeit von der Wasserzusammensetzung und des pH-Wertes untersucht werden. Als Verursacher der Verblockung konnten außerdem die polymeren beziehungsweise filtrierbaren Kieselsäurestrukturen identifiziert werden. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass durch Einsatz eines geeigneten Antiscalants der Betrieb einer Umkehrosmose bei deutlich höheren Aufkonzentrierungen respektive Ausbeuten möglich ist.

Gerd Braun

Abstract

Die Umkehrosmose ist bei weitem der effizienteste Entsalzungsprozess und spielt eine wichtige Rolle in der Wasseraufbereitung. Allerdings treten bei hohen Silikat-Konzentrationen in vielen Membrananlagen große Probleme durch irreversibles Verblocken der Membranen durch Silikat-Ablagerungen (Scaling) auf. An der Fachhochschule Köln wurde basierend auf den Ergebnissen aus Laborversuchen eine neue Testmethode zur Bestimmung der Effektivität von Antiscalants in Bezug auf die Verblockung von Umkehrosmose-Membranen durch Kieselsäure entwickelt. Im Rahmen der Forschungsarbeit konnten Ergebnisse aus Testserien zum Einfluss von Ca^{2+}- Ionen/Mg^{2+}-Ionen, des pH-Werts und zum Einfluss von Antiscalants zur Reduzierung des Silikat-Scalings präsentiert werden. Darüber hinaus wurden die polymeren beziehungsweise filtrierbaren Strukturen der Kieselsäure als Verursacher der Verblockung identifiziert.

Projektleitung

Prof. Dr. Gerd Braun

Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme

Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik

gerd.braun@fh-koeln.de

Projektpartner

BKG Water Solutions, Düsseldorf

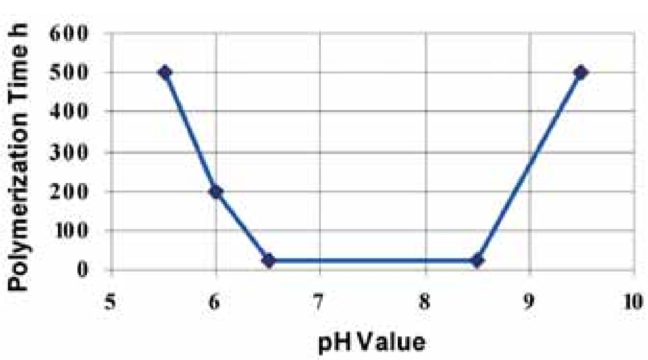


Abb. 13: Polymerisationszeit vs. pH-Wert

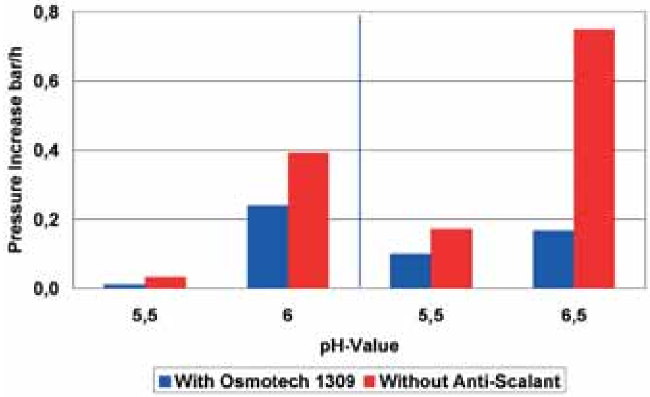


Abb. 14: Druckanstieg vs. pH-Wert für SiO2-Konzentrationen von links 150 mg/L, rechts 275 mg/L

Literatur

1/ ILER, R.K. ***The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties, and Biochemistry.*** John Wiley & Sons, 1979, 866 p.

2/ GILL, J.S. ***Inhibition of Silica-Silicate Deposit in Industrial Waters***. Colloids and surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects, 1993, vol 74, p 101-106.

3/ NEOFOTISTOU, E., and DEMADIS, K.D. ***Use of Antiscalants for Mitigation of Silica (SiO_2) Fouling and Deposition: Fundamentals and Applications in Desalination Systems.*** Desalination, 2004, vol 167, p 257-272.

4/ DEMADIS, K.D., NEOFOTISTOU, E., MAVREDAKI, E., TSIKNAKIS, M., SARIGIANNIDOU, E.-M. ***Solving Water Treatment's "Gordian Knots" the "Green Way"***. Eurocorr 2005.

5/ T. KOO, Y.J. LEE, R. SHEIKHOLESLAMI - ***Silica Fouling and Cleaning of Reverse Osmosis Membranes*** - Desalination 139, 43-56 (2001)

Optimierung der Wassernutzung im ländlichen Raum Oberägyptens

Die Wüstenregion Oberägyptens ist ein menschenfeindliches Gebiet, in dem nur durch die Nutzung des Nilwassers eine Besiedlung möglich wird. Nach jahrtausendlanger Besiedlung der Ufer- und Deltaregion des Nils steht Ägypten heute angesichts eines nach wie vor starken Bevölkerungswachstums von 2,1 % p.a. (2002/2003) vor dem Problem, mit dem zur Verfügung stehendes Nilwasser die Lebensgrundlage der Bevölkerung zu sichern. Im Großraum Kairo führt der Bevölkerungsdruck zu einer teils dramatischen Verschlechterung der Lebensbedingungen Um diesen Druck entgegenzuwirken werden ländliche Gebiete für Besiedlungen erschlossen; in Oberägypten sind dies neue Ansiedlungen in der Region Assuan und entlang des Nassersees. Bisherige Formen der Siedlung haben sich als ökologisch bedenklich oder für Siedler unattraktiv herausgestellt. Ökologisch besonderes kritisch sind die permanenten (Fischer) und saisonalen (Gemüsebauern) Siedlungen im so genannten Foreshore-Land, d.h. den in Abhängigkeit vom Wasserstand des Sees überschwemmten oder freiliegenden Flächen. Die Fischersiedlungen und die marktorientierte Gemüse- und Obstproduktion werden als Hauptverursacher für Stoffeinträge und eine dadurch bedingte Belastung des Nillwassers verantwortlich gemacht, so dass nach Vorgaben des Umweltministeriums nur die Region jenseits der Hochwasserlinie besiedelt und landwirtschaftlich entwickelt werden darf. Erfahrungen mit bisherigen Besiedlungsaktivitäten, gefördert durch bauliche Maßnahmen des World Food Programm (WFP), haben an verschiedenen Standorten unterschiedliche Schwächen aufgedeckt. Folglich sind für die weitere Ausdehnung der Besiedlung, ob gefördert oder ordnungspolitisch gesteuert, vielerlei Faktoren zu berücksichtigen, um akzeptable Lebensbedingungen für Siedler zu schaffen und Land- und Wasserressourcen nicht zu gefährden. Ländliche Siedlungen stellen auf der einen Seite ein enormes und unverzichtbares Potenzial für eine wirtschaftliche Regional- und Nationalentwicklung in Ägypten dar



Erste Anbaufelder in der Wüste

(das stark landwirtschaftlich geprägt ist), auf der anderen Seite zeigt sich ein kaum kontrollierbares, rasantes Siedlungswachstum, das sich unter anderem deutlich in den schlechten Wohn- und Arbeitsbedingungen und den ökologischen negativen Auswirkungen zeigt. Somit stellen sich folgende Fragen, aus denen sich die Forschungsziele dieses Projektes herleiten:

a) Wie kann unter den gegebenen ökologischen, sozioökonomischen und kulturellen Bedingungen eine adäquate, effiziente und kostengünstige Wasserver- und -entsorgung gewährleistet werden, so dass die Lebensbedingungen für die Siedler akzeptabel sind?

b) Welche Kulturen, Anbaumethoden und Bewässerungstechnologien sind geeignet, bei beschränkten Ressourcen (bewässerbarer Fläche und Wasser) das Einkommen und eine angemessene Ernährung der Siedler langfristig zu sichern?

c) Wie kann man die Umweltbelastungen aus Siedlung und Landwirtschaft minimieren und dabei die ökonomische Nutzung langfristig maximieren?

d) Wie kann man die Nutzung von Wasserressourcen in Siedlungen und Landwirtschaft optimieren? Welche Konzeption resultiert daraus für ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Wassermanagement?

e) Wie lassen sich effiziente institutionelle Strukturen der Wassernutzung aufbauen.

Die Projektziele basieren auf einer detaillierten Situationsanalyse der Projektregion, welche im IWRM-Bericht "Integriertes Wasserressourcen-Management in der Nasser-See Region, Oberägypten" des Instituts für Tropentechnologie (ITT) zu finden ist (ITT 2005). Die Projektziele entsprechen darüber hinaus den strategischen Leitlinien des Aswan Gorvenorates Entwicklungsplans für die Nassersee-Region, (UNDP/MOP 2002). Aus den Erkenntnissen dieser Studien ergeben sich das Oberziel und die Arbeitsziele des Projekts für eine integrierte Forschung. Das Projekt ist in drei Arbeitsfelder mit folgenden spezifischen Zielen gegliedert:

Oberstes Ziel:
Beitrag zum nachhaltigen, optimalen Einsatz und Wiederverwertung von Wasser in bäuerlichen Siedlungen in Oberägypten unter Berücksichtigung ökologischer, kultureller und sozialer Restriktionen

Abstract
In diesem Projekt werden relevante Fragestellungen für eine nachhaltige Entwicklung vom Oberägypten ländlichen Gebiete und Siedlungen behandelt. Schwerpunkte bilden hierbei die Suche nach Lösungen für angepasste Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung, nachhaltige Landwirtschaft. Des Weiteren werden sozioökonomische Studien über eine potentielle Technologie-Einführung bzw. Annahme und über die Wohlfahrtsentwicklung der bäuerlichen Familien durchgeführt.

Projektleitung
Prof. Dr. Hartmut Gaese
Institut für Technologie und Ressourcenmanagement in den Tropen

Koordination
Dipl.-Volkswirt Rui Pedroso

Projektbeteiligte
Prof. Dr. Sturm
Prof. Dr. Sabine Schlüter
Dr. J.C. Torrico
Dipl. Geo-Ök. Jörn Trappe
Dipl.-Ing. Nabil Hasan

Projektpartner
Lake Nasser Development Authority (LNDA)
South Valley University (SVU)


Ziegeldächer von Garf Hussein

Spezifische Ziele der einzelnen Arbeitsfelder:

Arbeitsfeld 1: Ländliche Siedlung und Wasser
1. Konzept zur Wasserversorgung der dörflichen Siedlung in Oberägypten
2. Konzept zur Wasserentsorgung der dörflichen Siedlung in Oberägypten

Arbeitsfeld 2: Wasser und Landwirtschaft
3. Lösungen für eine gesteigerte landwirtschaftliche Produktion, Produktivität und Einkommen der Siedler unter minimalen Umweltbelastungen
4. Lösungen für eine gesteigerte Bewässerungseffizienz unter verbesserten Bewässerungstechnologien
5. Optimierung der Wassernutzung

Arbeitsfeld 3: Sozioökonomische, kulturelle und institutionelle Faktoren
6. Bestimmung von Entscheidungsparametern in Betrieb und Haushalt, die Einfluss auf die Annahme von Technologien/Ausprägung des Betriebssystems haben
7. Institutionelle Lösungen in der Bewässerungslandwirtschaft als Beitrag zur Optimierung von Bewässerungsmanagement

Diese Forschung erfolgt beispielhaft für eine bäuerliche Siedlung, für die gemeinsam mit der Lake Nasser Development Authority (LNDA) und dem World Food Program Egypt (WFP) Entwicklungsszenarien erarbeitet werden. Die Datenbasis für dieses Dorf wird vor Ort, an Referenzstandorten und aus Sekundärquellen zusammengetragen (Abb. 1). Einzelne Vorschläge werden direkt beim Bau von Neusiedlungen umgesetzt, so dass Plan- und Leistungswerte direkt übernommen werden können.

Hartmut Gaese

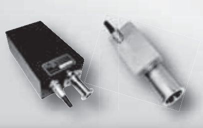
Literatur
Institute for Technology in the Tropics (ITT), 2005. Integrated Water Resource Management in the Lake Nasser Region, Upper Egypt. Cologne University of Applied Sciences, ITT
UNDP/MOP 2002. United Nations Development Program/Egyptian Ministry of Planning. Comprehensive Development Plan for Aswan and Lake Nasser. Final Report of the Lake Nasser Development Project with the Economic and Social Planning for Spatial Development. UNDP and MOP, Egypt













Climate Change, Landscape dynamics, Land use and Natural Resources in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro

Abstract

The research project addresses the objectives of methodological advancement and applicability of results in decision-making at the interface of environmental management and economic progress in the Brazilian Mata Atlântica region. The principal intentions to carry out this project are derived from the considerations of the actual causes and processes of landscape change under the influence of global change, in particular of future climate conditions.

Projektleitung

Prof. Dr. Hartmut Gaese
Institut für Technologie und Ressourcenmanagement in den Tropen (ITT)

Koordination

Dr. Juan Carlos Torrico Albino (ITT)
Dr. Ricardo Trippia Peixoto (EMBRAPA-Solos)

Projektpartner

National Centre for Soil Research (EMBRAPA Solos)

National Centre for Research of Agrobiology (EMBRAPA Agrobiologia)

University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES) and Department of Tropical Crops

University of Leipzig, Institute of Geography, Department of Physical Geography and Geoecology, Institute of Biology I and Department of Systematic Botany
Friedrich-Schiller-University of Jena, Institute of Geography, Department of Geoinformatics, Geohydrology and Modelling (DGHM)

Goals

- Development of an assessment framework for understanding the causes and processes of landscape change, taking into account relevant aspects of global change, in particular future climate conditions.
- Assessment of ecological and socio-ecologically viable concepts to establish forest connectivity in dynamic rural landscapes in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro. Assessment of economic and ecological impacts of land-use and land-use change to define appropriate land-use systems related to landscape context and environmental changes.
- Design planning tools for decision making for natural and agricultural resources management and conservation under multiple objectives.

Outputs

The main expected output of this project will be beneficial both for Brazil and Germany. Brazilian institutions and stakeholders will receive planning tools and decision support systems based on innovative and actual research considering all the three aspects of sustainability to optimize landscape planning, agricultural production systems and nature conservation. The German applicants will have the chance to improve basic, applied and transferable research on the assessment of the status and the dynamics of complex ecological systems, climate change effects on natural and agricultural systems, the analysis of the interaction of forest with a rural environment and the integrated modelling methodology. Furthermore, the strengthening of international and multidisciplinary networks in the respective fields of German research is essential to maintain the high level scientific standard of the applying Universities. Both countries will as well benefit from the human resources development within an academically challenging international research program.

Hartmut Gaese



Area under extensive agricultural production in the Atlantic Rain Forest of Brazil

Zellbiologische Untersuchungen zum Einfluss von HF-Feldern von Mobiltelefonen (UMTS) mit Hilfe der Impedanzspektroskopie

Die Methode der Impedanzspektroskopie hat in den letzten Jahren in vielen Bereichen der Werkstoffwissenschaften, Biologie und Biophysik starken Auftrieb erhalten. Der Grund liegt in der einfachen heute rechnergestützten Messung und Auswertung Diese wichtige materialwissenschaftliche und biologische Untersuchungsmethode basiert auf dem Prinzip der Analyse des komplexen elektrischen Widerstandes (Impedanz) eines Elektroden-Leiter-Systems. In unserem Fall benutzen wir diese Untersuchungsmethode, um den Zustand von Zellen und Zellverbänden darzustellen. Die interessierenden Zustände sind dabei die Vitalität bzw. Mortalitätsrate der Zellen. Infolge der Analyse der Daten durch spezielle Algorithmen lässt sich eine charakteristische Größe der Transendothelwiderstand TER berechnen. Er ist ein Maß für den Gesundheitszustand der Zellen. (Galla et al.1993, Hoheisel et al.1998)

Theoretische Grundlagen

Um die gewonnen Messdaten in der richtigen Weise interpretieren zu können, bedarf es eines verlässlichen Modells, welches alle wesentlichen elektrischen Parameter enthält. Dieses Modell wird durch ein elektrisches Ersatzschaltbild repräsentiert. In unserem Experiment liegt eine wässerige Lösung vor, dort sind über und unter der Zellmembran Elektroden angebracht. Der Elektrolyt besteht aus Molekülen bzw. Ionen. Diese bilden zusammen ein Redoxpaar. Bei der Abbildung des elektronischen Verhaltens des zu untersuchenden Elektrolyten sind im Gegensatz zu Festkörperbauteilen die Ionen Beweglichkeiten und der Austausch der Elektronen an den Elektroden zu beachten.

Da die Widerstände oberhalb und unterhalb der Zellmembran gleich sind, lassen sie sich zu einem Netzwerk zusammenfassen. So wird z.B. aus R_{D1} und R_{D2} R_D usw..

$$Z_{Ges} = R_E + Z_{Lösung} + Z_{Zellen}$$

$$Z_{Lösung} = \left(\frac{1}{R_{Lösung}} + \omega C_D + \frac{1}{Z_W + R_D}\right)^{-1} \quad \text{mit} \quad Z_W = R_d + \frac{1}{\omega C_d}$$

wobei die beiden ohmschen Widerstände Rd und RD zu einem Widerstand zusammengefasst sind. Die beiden Widerstände lassen sich durch Messung der Spannungen und Bestimmung der Übertragungsfunktion nicht berechnen. Die weitere Bestimmung von Z_l (Lösung) ergibt:

$$Z_L = \left(\frac{1}{R_L} + \omega C_D + \frac{\omega C_d}{R_{dD}\omega C_d + 1}\right)^{-1} = \frac{1 + R_L R_{dD}\omega C_d}{(1 + R_L\omega C_D) * (1 + R_{dD}\omega C_d) + R_L\omega C_d}$$

Für die Zellmembran ergibt sich der einfache Ausdruck

$$Z_Z = \left[\frac{1}{R_{TER}} + \omega C_{TEC}\right]^{-1} = \frac{R_{TER}}{1 + R_{TER}\omega C_{TEC}}$$

Durch Ermittlung der beiden Winkel φ und φ´ lässt sich das System der Spannungen aus U_S und U_Z aufstellen und U_Z bestimmen.

$$U_Z = U_S - U_S' \cos(\varphi - \varphi')$$

Dies beinhaltet selbstverständlich eine Näherung in der Weise, dass eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Spannungen U_S möglich ist und diese durch den Cosinus der Winkeldifferenz φ kompensiert wird. Die Phasendifferenz ist im allgemeinen klein ($\varphi < 10^o$), so dass die Abweichung vernachlässigbar wird.

Das Ersatzschaltbild (Bild1) lässt sich somit reduzieren, dabei haben die Widerstände und Kapazitäten folgende Bedeutung:

TER	Widerstand der Zellmembran
TEC	Kapazität der Zellmembran
R_D	Durchtrittswiderstand
R_E	Widerstand der Lösung
C_D	Kapazität der Lösung
Z_W	Warburg Impedanz

In der Doppelschicht vor den beiden Elektroden werden sich aufgrund elektrostatischer Anziehung Ionen aus der Lösung anreichern. Das heißt, es bilden sich zwei Platten: die Elektrode und die mit Ionen angereicherte Schicht. Dieses elektrochemische Verhalten wird durch einen Plattenkondensator mit der Doppelschichtkapazität C_D beschrieben. Der Elektronenaustausch zwischen Elektrode und Ionen erfordert eine Aktivierungsenergie und wird im Ersatzschaltbild von einem Durchtrittswiderstand R_D (Ladungsaustauschwiderstand) repräsentiert. Die zeitabhängige Amplitude bei einer Wechselspannung führt dazu, dass die Redoxprozesse vor den Elektroden zu ständig veränderten Konzentrationen führen. [NaCOH2]3- bzw. [NaCOH+++]. Liegt die positive Halbwelle an der Elektrode, so läuft die Oxidation ab und die Konzentration von NaCOH2 steigt. Bei der negativen Halbwelle läuft die Reduktion und es steigt die Konzentration von NaCOH3+. Diese ständig im Takt der Frequenz wechselnden Vorgänge führen zu Konzentrationsschwankungen und damit zu gedämpften Diffussionswellen in dem Elektrolyten. Dieses Verhalten, welches aufgrund beschränkter Beweglichkeit der Ionen besonders bei niedrigen Frequenzen auftritt, wird durch die Warburg-Impedanz beschrieben. Die Warburg-Impedanz kann als Reihenschaltung eines realen Kondensators mit einem frequenzabhängigen Widerstand betrachtet werden. Auf dem Weg durch den Elektrolyten werden Ionen zu den jeweiligen Elektroden transportiert und müssen den Widerstand der Lösung R_E überwinden.

Für den Konzentrationsabfall gilt folgende Gleichung:

$$\Delta c_i(x,t) = \pm \frac{(1-i)\, j_{max}}{nF\sqrt{2D_i\omega}}\; e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D_i}}x} * e^{i\omega t\sqrt{\frac{\omega}{2D_i}}x}$$

mit
F =
R =
n =
D_i = Diffusionskonstanten

Die erste Exponentialfunktion beschreibt die Abnahme der Amplitude mit wachsendem Oberflächenabstand. Die zweite Exponentialfunktion beschreibt den periodischen Verlauf der Konzentrationsschwankung und die ortsabhängige Phasenverschiebung zwischen Strom und Konzentrationsänderung.

Blut-Hirn-Schranke

Das zu untersuchende Zellsystem, die Blut-Hirn-Schranke BHS, ist ein sehr sensibles System, welches den Stoffwechsel zwischen den Blutbahnen und den Nervenzellen des Gehirns reguliert. Eine Störung dieser Regulationsprozesse durch Funktionsstörung der BHS hätte fatale Folgen für die menschliche Gesundheit. Die BHS wurde im Experiment durch die beiden Zelltypen Astrocyten und Endothelzellen als so genannte Co-Kultur realisiert. Das Co-Kultursystem der BHS wurde mit neonatalen Rattenastrozyten (Mc-Carthy und De Vellis 1980) und Endothelzellen aus Kapillaren von Hirnen adulter Schweine (Tewes et al. 1996) etabliert.

Die Oberflächenstrukturen der Zellrasen lassen sich rasterelektronenmikroskopisch untersuchen. Dabei kann das Wachstumsverhalten der jeweiligen Zelltypen charak-

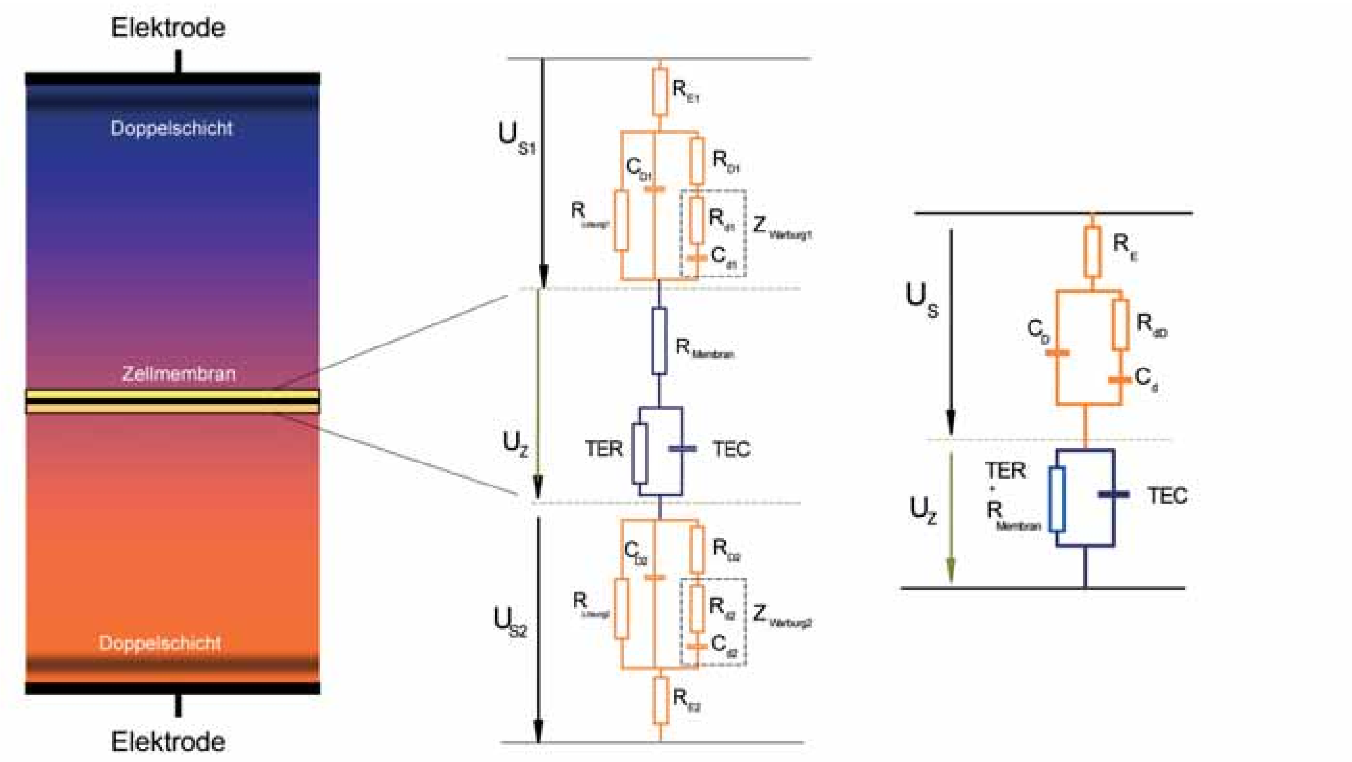


Bild 1: Elektrolytaufbau und vollständiges Ersatzschaltbild mit Warburg Impedanz



Bild 2: Darstellung der Übertragungsfunktionen mit und ohne Zellsystem nach dem eingeführten Ersatzschaltbild

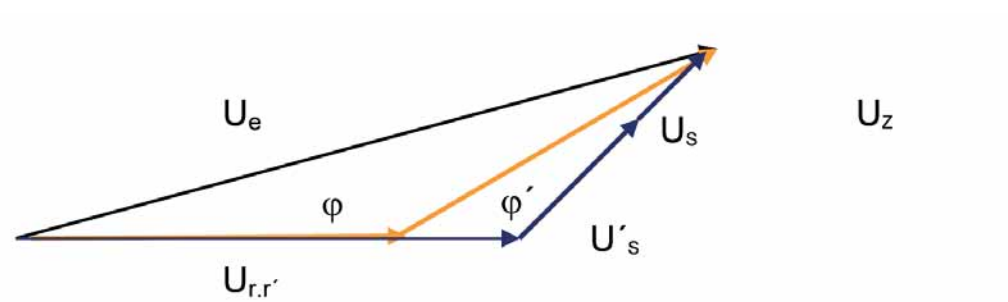


Bild 3: Zeigerdarstellung der Spannungen mit und ohne Zellsystem

terisiert werden. Für Astrocyten ist die Bildung mehrschichtiger Zellrasen typisch. Die Zellen bilden Fortsätze aus, mit deren Hilfe sie untereinander und mit benachbarten Neuronen kommunizieren. Endothelzellen bilden dagegen konfluente, dichte Monolayer.

Durch den Nachweis dieser Merkmale können wir zeigen, dass die morphologischen Voraussetzungen zur Ausbildung der für die BHS typischen Eigenschaften erfüllt sind.

Experimentelle Anordnung

Die Methode der Impedanzspektroskopie wurde hier angewandt, um die Vitalität (Mortalitätsrate) der Zellen in einem Hochfrequenzfeld (2,1GHz UMTS) zu untersuchen. (Bitz, Streckert, Hansen 2002).

Die Zellmembranen wurden, wie in den Abbildungen 5 und 6 zu sehen, einem HF-Feld ausgesetzt, welches der Intensität der Mobiltelefone entspricht. Dabei wurde durch Simulation sichergestellt, dass keine Erwärmung auftritt. (Goeke et al. FH-Forschungbericht 2000). Während der Einwirkung der HF-Felder wurde simultan alle drei Stunden ein Impedanzspektrum aufgezeichnet, um den zeitlichen Verlauf der Impedanz ebenfalls zu registrieren.

Die angelegte Messspannung betrug dabei 50mV. Es wurden jeweils 36 Proben in einem Doppelt- Blind-Versuch HF-Feldern ausgesetzt und deren Impedanzspektren gemessen.

Messergebnisse

Zu Beginn unserer Messungen war es notwendig die Übertragungsfunktion (Impedanzspektrum) des reinen Elektrolyten und des Elektrolyten mit Polycarbonatmembran zu ermitteln (Bild 7 zeigt die Ergebnisse). Wir sehen bei Frequenzen oberhalb von 100Hz den Einfluss des ohmschen Anteils am Leitungsmechanismus.

Bei der Kombination des Elektrolyten mit der Polycarbonatmembran sehen wir oben den reinen Effekt der Membran. Der ohmsche Anteil wurde bereits subtrahiert. Dies ist der typische Effekt, wenn ein elektrischer Kreis um einen Kondensator erweitert wird.

Aus der Messung der Übertragungsfunktionen mit Zellmembran (blau) und ohne Zellmembran (grün) lässt sich bei Zugrundelegung des am Anfang diskutierten Modells der reine Transendothelwiderstand (rot) der Zellen berechnen.

Johannes Goeke

Literatur

End D., Mangold K.-M., Impedanzspektroskopie, Chemie in unserer Zeit, 3, 1993, 134-140

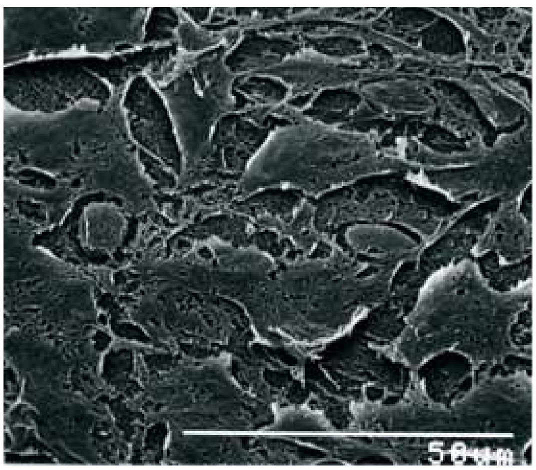


Bild 4a: Kultivierte Astrozyten (REM)

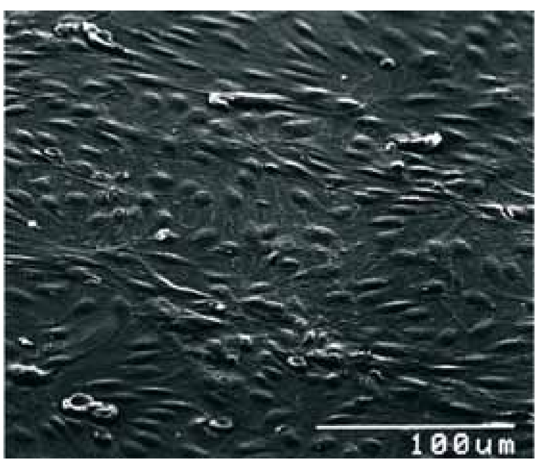


Bild 4b: Kultivierte Endothelzellen (REM-Aufnamen Quelle: Uni-Münster)

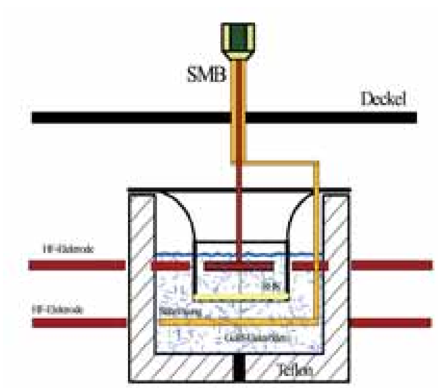


Bild 5: Schema der Messanordung von Elektroden und Zellgewebe



Bild 6: Probengefäß eingebettet in den HF-Parallellplattenleiter und NF-Elektroden

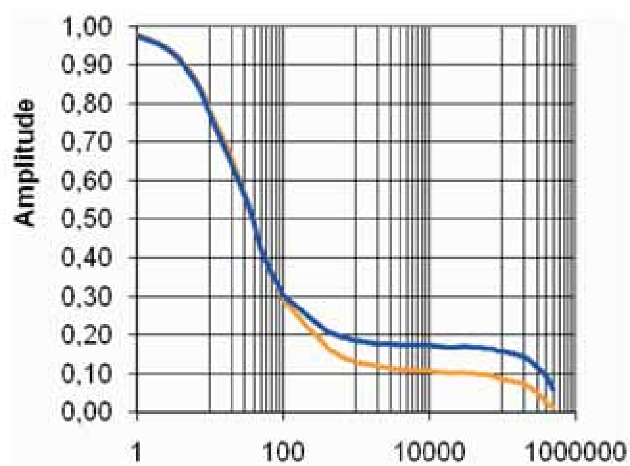


Bild 7: Übertragungsfunktion von 1Hz bis 500kHz des reinen Elektrolyten (orange) und des Elektrolyten mit Membran(blau)

Franke, H. et.al.: Effects of Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Electromagnetic Fields on the Blood-Brain Barrier in Vitro,, Radiation Research, Vol 164, 2005, 258-269

Fricke H. The theory of electrolyte polarization, Phil. Mag, Vol 14, 1932, 310-318

Geddes L.A, Measurement of electrolytic resistivity and electrode-electrode impedance with a variable length conductivity cell, Chem Instruments, Vol 4(3), 1973, 157-168

Goeke, J.: Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf die Blut-Hirn-Schranke FH-Forschungsbericht 2000, Seite 112

Kottra G., Frömter E., Rapid determination of intraepithelial resistance barriers by alternating current spectroscopy, 1. Experimental procedures Pfügers Archiv., 402, 1984, 409-420

Kurtyka B. de Levie , Frequency dispersion associated with non-homogenous interfacial capacitance, Journal Electroanal. Chem., 322, 1992, 63-77

Ragheb T., Geddes L.A., Electrical properties of metallic eletrodes, Medical & Biological Engineering & Computing, Vol. 28, 1990 p. 182-186

Schirrmacher et al.: Electromagnetic Fields (1.8GHz) increase the permeability to sucrose of the of Blood-Brain-Barrier in vitro, Bioelectromagnetics, Vol. 21(5):338-345, 2000

Warburg E., Über das Verhalten sogenannter Elektroden gegen Wechselstrom, Annalen der Physik und Chemie, Vol 67, 1899, 493-499

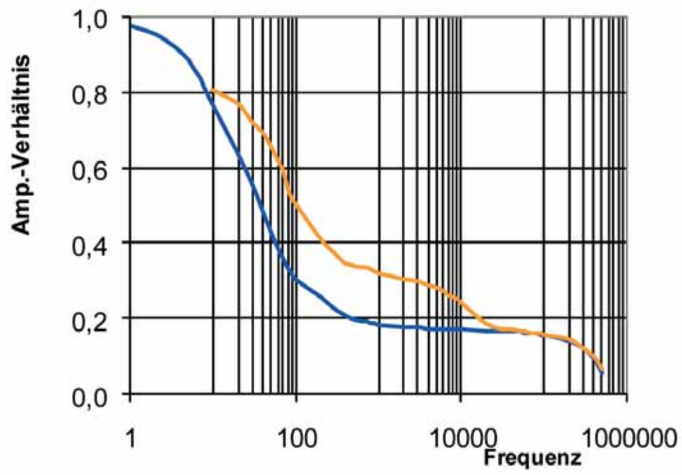


Bild 8: Übertragungsfunktion von 1Hz bis 500kHz des reinen Elektrolyten (orange) und des Elektrolyten mit Membran(blau)

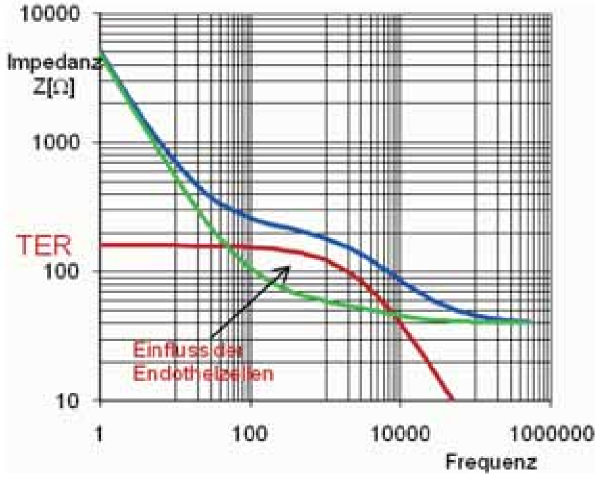


Bild 9: Übertragungsfunktionen von 1Hz bis1MHz, ohne Zellmembran (grün) und mit Zellmembran (blau), Einfluss der Zellen berechnet (rot)

Abstract

Im Labor für Prozessmesstechnik wurde eine Messeinrichtung zur Messung der Aktivität von Zellmembranen aufgebaut. Sie wird an der Universitätsklinik Münster im neurologischen Zelllabor betrieben und registriert dort die Mortalitätsrate der Blut-Hirn-Schranke einer Zellschicht aus Endothelzellen und Astrocyten.

Projektleitung

Prof. Dr. Johannes Goeke
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Technische Gebäudeausrüstung
johannes.goeke@fh-koeln.de

Development of tools and machines for micro-hydroforming with improved accuracy

An increasing integration of micro-system technology into modern products of electronics, telecommunication and medical devices for an ever-growing market requires efficient and time saving production methods for micro-components. Forming technology plays a decisive role for mass production of such components made from metal materials as it can offer the demanded productivity and accuracy. This applies also for the mass production of hollow shaped micro-components in cases where the manufacturing of such parts currently still largely relies on time consuming techniques based on the removal of materials, either by chemical or mechanical means.

Currently, merchandised products as well as research activities show an important demand in tubular micro-components. A capacious market represents medical engineering. Elements for micro-fluidic chips, micro-needles and implanted micro-tubes for drug delivery are only some examples. Non-medical applications of micro tubes concern for example elements for micro heat exchanger, fluidic sensors and shafts for micro-motors or cameras.

With the status hydroforming has achieved during the past few years it permits the economic mass production of high-quality macro-components, particularly for automotive or sanitary applications [1]. However, when parts are scaled down to miniature/micro size this scaling process must account for so called size effects which are defined as the change in the component or process behaviour when the geometrical dimensions are reduced maintaining the overall shape.

Against this background the process of micro-hydroforming was analysed with the objective to provide first fundamentals for process, tool and machine design. Based on this investigations a prototype micro-hydroforming machine has been developed capable for series production. In the context of tool and machine design, investigations into measures for optimisation of produced part accuracy are of utmost importance. Hydroforming is based on the application of pressurized liquid media to generate a defined workpiece shape from tubular materials with required pressures of up to 4000 bar. Due to the comparatively high amount of forming loads, strategies for the compensation of elastic deflection of forming tool and machine elements resulting from these loads are particularly of interest when sufficient accuracy of the forming result shall be obtained. Against this background, a strategy for control of die cavity deflection basing on adjusted tool design and process parameters was developed basing on the use of FEA.

Process Fundamentals

Figure 1 shows the principle of hydroforming processes. The base tube to be formed is placed into a die cavity which corresponds to the final shape of the component. The dies comprising the cavity are closed with the closing force F_c while the tube is internally pressurized by a liquid medium with the internal pressure p_i to effect the expansion of the component. Water-oil-emulsions are typically used media to apply internal pressure. The tube ends are axially compressed during the forming process by sealing punches with the axial force F_a to seal the workpiece and to force material into the die cavity. Forming takes place under the simultaneously controlled action of internal pressure and axial force.

Besides the hydroforming process itself the industrial production of hydroforming parts requires in general several additional manufacturing steps, depending on the component design. Figure 2 shows schematically a typical process chain for the manufacture of hydroformed components. In the majority of cases the complexity of the components requires that additional preforming operations be considered together with the hydroforming process itself. These preforming operations can involve bending and mechanical forming of the initial component to ensure that it is capable of insertion into the hydroforming die or to obtain an optimised material distribution [1]. In general, tubes and hydroformed components with conventional dimensions are cut and machined by sawing or mechanical cutting and in certain cases by laser machining. However, the damage-free machining of hydroformed micro-components with thin-walled structure requires processes with a minimum of forces for clamping and processing. Lasers are predestined for the here required operations because of their contact-free function.

First investigations regarding the forming behaviour of miniature-tubes have been conducted by mechanical forming tests using a standardised cone test [2,3]. These tests have shown a possible expansion of the initial tube diameter of about 33 % for tubes made from stainless steel AISI 304 with outer diameters below 1 mm and with ratios of wall thickness to diameter between 0.06 and 0.15. In order to obtain detailed information regarding

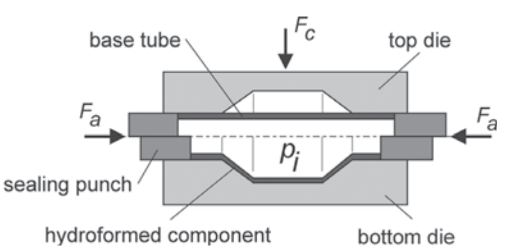


Figure 1: Principle of hydroforming processes



Figure 2: Typical process chain for hydroforming part manufacture

the forming behaviour of micro-tubes under conditions of an internal hydraulic pressure, experimental test have been carried out using the hydraulic expansion device shown in Figure 3. This device enables the expansion of tubes below 1000 µm by applying an internal pressure p_i up to 4000 bar.
Figure 4 shows, as an example of analysed part geometries, a hydroformed micro-shaft made from a solution annealed stainless steel tube with an outer diameter of 800 µm and a wall thickness of 40 µm.

Micro-hydroforming machine and tool system

The conduction of micro-hydroforming processes requires a machine system to perform the necessary actions and movements. Main functions of such machines are (a) to open and close the tool for part insertion and removal, (b) to provide the required closing force F_c during the forming process, (c) to close the component ends using the axial sealing punches, (d) to fill the component with the pressurizing media, (e) to apply the internal pressure p_i according to a specified pressure-time curve, (f) to move the component ends for material transport by means of the axial sealing punches by applying the force F_a according to a specified stroke-time curve, and (g) to communicate with the handling system for component handling.
Figure 5 shows the developed prototype micro-hydroforming press which has been designed for investigations into mass production of micro-components. This machine enables the micro-hydroforming of components with cross section dimensions between 200 µm and 1000 µm. It is equipped with a spindle driven pressure intensifier which enables to apply up to 4000 bar internal pressure, the closing force is realized by a hydraulic drive, and the axial punches are moved by linear actuators with spindle gears. Analyses to optimise the press frame design have been carried out basing on the use of FE-simulations, Figure 6.
The machine is equipped with a flexible control system based on a conventional programmable logic controller systems. Common sensors are used for measuring strokes and forces of all moved axis and for measuring pressures of the hydraulic system and of the forming high pressure.

A schematic drawing and an example of a micro-hydroforming tooling for mass production with its essential components are represented in Figure 7. The tool inserts, which contain the die cavity, are located within the basic tool blocks. Adjusting plates, covering the contact areas between the basic tool blocks and the integrated tool inserts, serve to adjust the correct position of the die insert elements to each other and to the axis of the sealing punches. The distribution of the contact pressure between top and bottom die, induced by the closing force, is commonly adjusted by matching plates which are arranged around the joint face of the die cavity. The here developed system enables a flexible change of forming inserts for the manufacture of different component shapes.

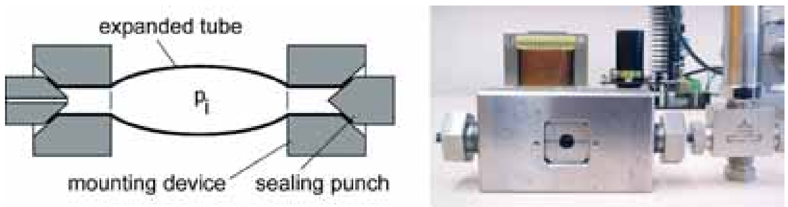


Figure 3: Expansion test device for micro-tubes (principle and experimental rig)

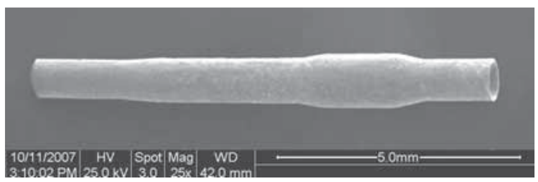
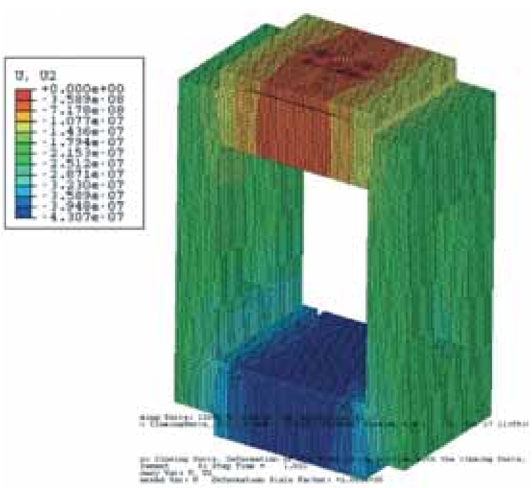


Figure 4: Micro hydroformed prototype schaft



Figure 5: Micro-hydroforming prototype machine (hydroforming press and complete machine system)


Figure 6: FE-analysis of vertical press frame deflection (meter)

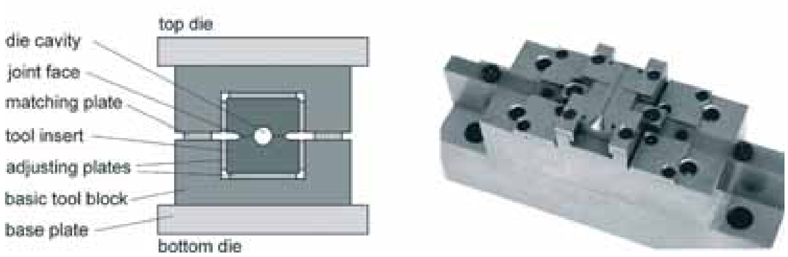


Figure 7: Micro-hydroforming tool (schematic built up and example of die half)

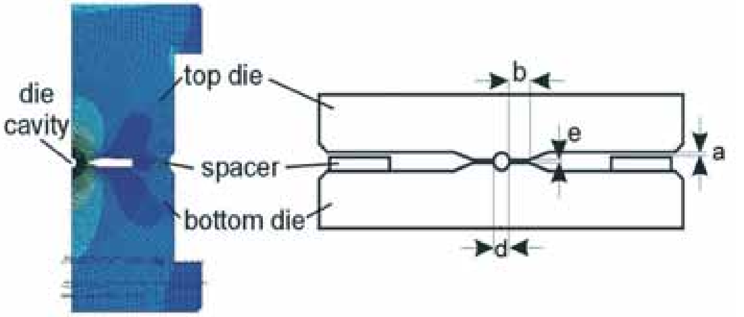


Figure 8: FE-model of investigated tool cross section

FE-analysis of micro-hydroforming tool deflection

One important difference between hydroforming and other forming processes is the comparatively high amount of loads acting on the tooling due to the closing force F_c and the internal pressure p_i. The minimum closing force which is required throughout the forming process to ensure that the hydroforming tool remains closed is directly proportional to the internal pressure according to the correlation:

$$F_c = p_i A_p$$

with the projected component surface A_p perpendicular to the closing direction [4].

With the objective to develop a strategy which is suitable to reduce tool deflection, associated with an improvement in produced component accuracy, FE-analysis were carried out for the example of a micro-hydroforming tool designed for the component shown in Figure 4. A tool cross section was selected representing a die cavity diameter of $d = 1040$ µm where the tube, made from stainless steel AISI 304 in soft-annealed condition, with an initial diameter of 800 µm and the wall thickness 40 µm has to be expanded. An internal pressure p_i of 4000 bar was applied within the simulations according to the maximum required pressure in first experiments. The commercial system ABAQUS was used to perform FE-simulations. Figure 8 shows the prepared half-symmetrical model of the tool containing approximately 5000 elements.

4-node bilinear, reduced integration plane strain elements (CPE4R) were selected, assuming elastic, isotropic material behaviour with Young's modulus 216000 Mpa and Poisson's ratio of 0.3. Contact between top and bottom tool was specified by using the surface-to-surface

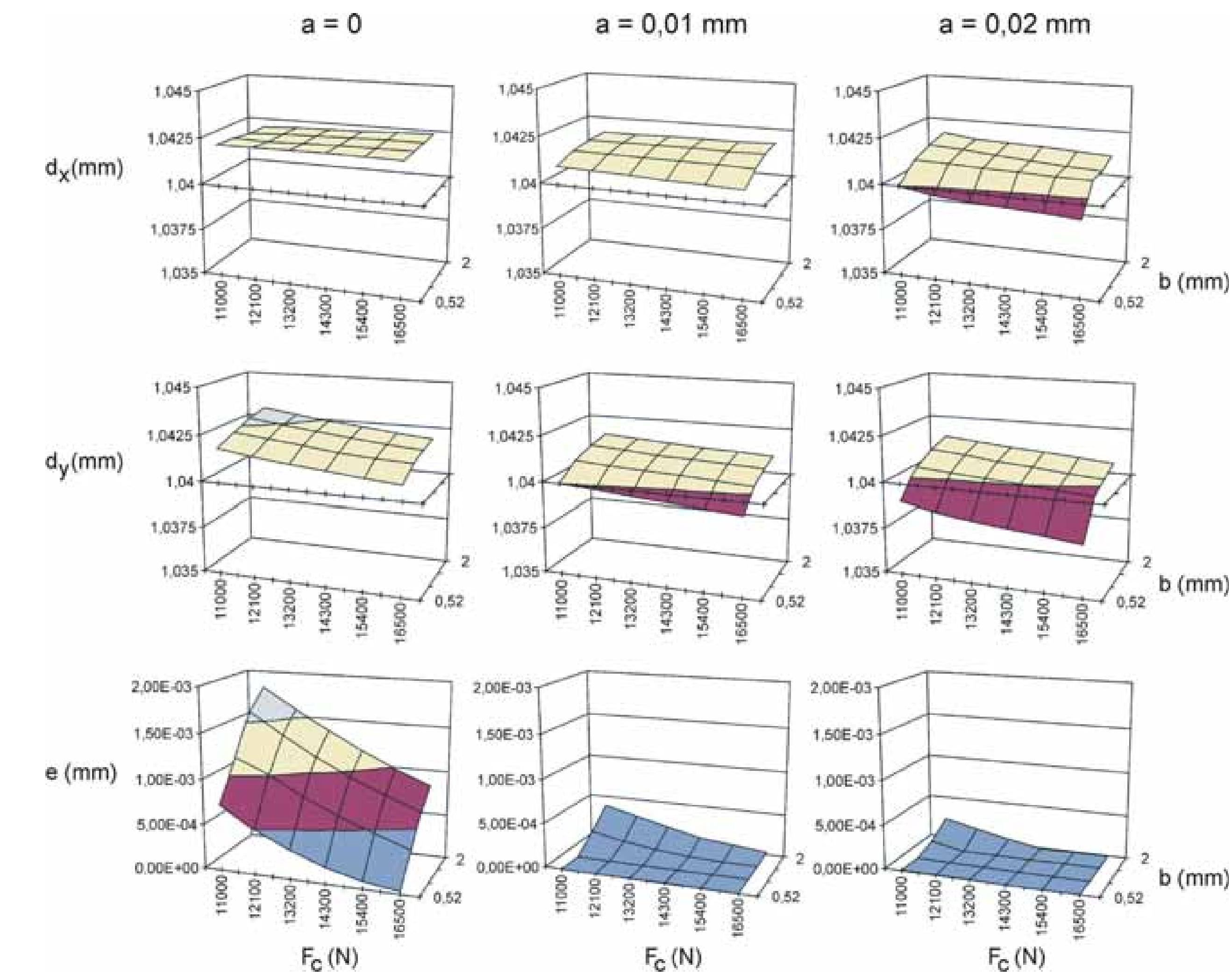


Figure 9: Elastic tool deflection as a function of load and tool parameters

contact capabilities of the software to consider compressive stress transmission between the tool halves as well as possible local loss of contact. Tool and machine components bordering to the here analysed model were assumed to be rigid in order to simplify the simulation. The amount of pressure acting normal to the inner side of the die cavity due to the contact with the expanded and pressurized tube was assumed to be identical with the internal forming pressure p_i. A difference between contact pressure and p_i due to the tube wall was treated as negligible.

FE-simulations with systematic variations of closing force F_c and tool parameters were carried out to investigate their influence on tool deflection. The width of the joint face b and the amount of tool bending deformation, defined by the gap a, have shown to be decisive tool parameters. Measured values to evaluate the influence of these parameters were the deformed cavity diameters in x- and y-direction, d_x (horizontal) and d_y (vertical), as well as the gap of joint face e arising from the cavity deflection.

Figure 9 shows the result of the conducted investigations, developed from 72 single computations. From this it appears that without superposition of bending stresses ($a = 0$) neither d_x nor d_y could be kept constant to the nominal size of 1040 µm. A maximum deviation of about 3 µm was determined. Additionally, it was found out that in comparison to the simulations with $a > 0$ the gap of joint face e was significantly more influenced by the closing force F_c as well as by the width of joint face b. In the here presented example e reached a maximum of about almost 2 µm when the closing force F_c was kept to the minimum required force to close the die halves according to equation (1), which is about 11000 N for the investigated micro-component. The smaller the joint face width b the smaller is the deflection e. The reason for this is the increase in contact pressure within the joint face with decreasing amount of b. As to be seen from Figure 9, raising of $a > 0$ enabled to keep d_x and d_y on the nominal size of 1040 µm and $e = 0$. However, the closing force F_c and the gap a have to be adapted to the selected value of b, and a compromise is to be made regarding the accuracy in x- and y-direction. As an example, for a selected joint face width of $b = 780$ µm (which is 75 % of die cavity width) and a selected closing force of $F_c = 14300$ N (which is 130 % of the minimum required force) the deflection is 0 in x-direction and about 0,1 % of die cavity diameter in y-direction when $a = 20$ µm.

Conclusion

The here described micro-hydroforming machine system, developed as a prototype for series production, provides the basis for a new manufacturing concept to produce complex shaped tubular metal micro components. Potential applications concern the production of components for medical devices, micro-fluidic and micro-mechatronic technology. Besides fundamentals for process, tool and machine design, which led to a marketable manufacturing concept, strategies to improve the produced component quality have been developed.

Christoph Hartl

References

[1] Hartl, Ch.: Research and advances in fundamentals and industrial applications of hydroforming. J. Mat. Proc. Tech. 167 (2005), 383-392

[2] Hartl, Ch.; et. al.: Study of hydroforming processes for the production of micro-components. 1st Jubilee Scientific Conf. Manufacturing Engineering in Time of information Society, Gdansk, PL, June 1-2, 2006

[3] Hartl Ch et. al.: Micro-hydroforming process and machine system for miniature/ micro products. Int. Conf. 7th euspen, Bremen, Vol. 2, 2007, pp 69-72

[4] Hartl Ch.: Theoretical fundamentals of hydroforming. Int Conf Hydroforming, Stuttgart, 1999, pp 23-36

Abstract

Merchandised products within the field of micro-technology as well as research activities show an important demand in complex shaped tubular micro-components, for example for medical devices, micro-fluidic or micro-mechatronic applications. Concerning such micro-components made from metal materials, manufacturing techniques for the economic mass production of adequate tubular parts are often missing. Hydroforming, as a proven technology in mass production of conventional sized tubular components – for automotive applications, offers miscellaneous advantages also for the manufacture of hollow shaped micro-parts. Against this background, a micro-hydroforming system has been developed, capable for series production, and experimental and theoretical investigations into this new technology have been carried out. Results of latest research are presented concerning the configuration of tools and machines, optimised with the aid of the Finite Element Method to improve the produced component accuracy.

Project description

Launched in 2004, MASMICRO is an Integrated Project for the integration of manufacturing systems for mass-manufacture of Miniature/Micro-Products, supported by the European Commission under the Framework Programme 6 (FP6). This four-year flagship micro-manufacturing project involves a consortium composed of 36 partners from 13 EU countries, including 18 industrial partners. The project is managed by the University of Strathclyde in Glasgow. Within the framework of MASMICRO, the Cologne University of Applied Sciences, under the leadership of Professor Christoph Hartl, developed the process of micro-hydroforming comprising tool and machine technology. www.masmicro.net

Projektleitung

Prof. Dr. Christoph Hartl
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion
Institut für Produktion
christoph.hartl@fh-koeln.de

Sind Transportanomalien bei Kenntnis der Exzessentropie vorhersagbar?

Die Entwicklung theoretischer Grundlagen zur Erklärung von thermodynamischen Anomalien einer bestimmten Klasse von Flüssigkeiten ist seit einigen Jahren Gegenstand intensiver Forschung. In jüngster Zeit stehen jedoch Untersuchungen von Transportanomalien verstärkt im Fokus des Interesses. So konnte eine Arbeitsgruppe unter der Leitung von Thomas Truskett von der University of Texas in Austin zeigen, dass, basierend auf Arbeiten von Yaakov Rosenfeld (J. Phys.: Condens. Matter 11, 5415, 1999) und Mikhail Dzugutov (Nature 381, 137, 1996), empirische Skalierungsrelationen bestehen, die eine Verbindung von Transportkoeffizienten mit der Exzessentropie eines Systems ermöglichen. Truskett und Mitarbeiter konnten Bedingungen für die Exzessentropie herleiten, bei denen Anomalien der Transportgrößen auftreten. Transportanomalien sind definiert, wenn der Diffusionskoeffizient *D* bei Vergrößerung der Dichte bei konstanter Temperatur ansteigt, $(\partial D/\partial \rho)_T > 0$, die Scherviskosität η bei Vergrößerung der Dichte bei konstanter Temperatur abnimmt, $(\partial \eta/\partial \rho)_T < 0$, oder wenn die Wärmeleitfähigkeit λ bei Vergrößerung der Dichte bei konstanter Temperatur abnimmt, $(\partial \lambda/\partial \rho)_T < 0$. Für die reduzierten Transportkoeffizienten

$$D' = D\frac{\rho^{1/3}}{T^{1/2}}\ , \quad \eta' = \eta\frac{\rho^{-2/3}}{T^{1/2}} \quad \text{und} \quad \lambda' = \lambda\frac{\rho^{-2/3}}{T^{1/2}}$$

leitete Rosenfeld eine Beziehung zwischen einer allgemeinen reduzierten Transportgröße X' ($X' = D', \eta', \lambda'$) und der Exzessentropie S^{ex} her:

$$X' = a_X \exp(b_X S^{ex}),$$

mit den Koeffizienten ($a_D = 0.6$, $b_D = 0.8$) für den Diffusionskoeffizienten, ($a_\eta = 0.2$, $b_\eta = -0.8$) für die Scherviskosität und ($a_\lambda = 1.5$, $b_\lambda = -0.5$) für die Wärmeleitfähigkeit. Hieraus lässt sich ein thermodynamisches Kriterium für die Existenz von Transportanomalien

$$\left(\frac{\partial S^{ex}}{\partial \ln \rho}\right)_T > \frac{\gamma}{3|b_X|},$$

mit $\gamma = 1$ für die Diffusion und $\gamma = 2$ für die Scherviskosität und die Wärmeleitfähigkeit herleiten, so dass endgültig die Bedingung

$$(\partial S^{ex} / \partial \ln \rho)_T > C$$

anomales Verhalten der Transportkoeffizienten bestimmt. Unter Verwendung der Skalierungsparameter von Rosenfeld tritt somit anomales Verhalten in folgender Reihenfolge auf: Exzessentropie (C = 0), Diffusion (C=0.42), Viskosität (C=0.83) und Wärmeleitung (C=1.33).

Die Exzessentropie kann exakt bestimmt werden, wenn eine exakte Zustandsgleichung des Systems gegeben ist. Man kann zunächst die freie Helmholtzsche Exzessenergie $F^{ex}(\rho,T)$ durch Integration der mittleren potentiellen Energie U^{ex} entlang einer Isochoren bestimmen

$$\frac{F^{ex}(\rho,T)}{T} = \frac{F^{ex}(\rho,T_0)}{T_0} - \int_{T_0}^{T} \frac{U^{ex}(\rho,T)}{T^2}\, dT \ ,$$

oder durch Integration des Kompressibilitätsfaktors entlang einer Isothermen,

$$\frac{F^{ex}(\rho,T)}{N} = \frac{F^{ex}(\rho_0,T)}{N} + k_B T \int_{\rho_0}^{\rho} \left[\frac{\beta P}{\rho} - 1\right] \frac{d\rho}{\rho},$$

wobei $\beta = 1/k_B T$; T_0 und ρ_0 sind Referenzzustände. Die Exzessentropie wird dann

$$S^{ex} = \frac{1}{T}\left(U^{ex} - F^{ex}\right).$$

Näherungsweise kann die Exzessentropie auch durch die Paarentropie $S^{(2)}$ ersetzt werden. Diese berechnet sich aus der Paarkorrelationsfunktion $g(r)$

$$S^{(2)} / N = -\frac{1}{2} k_B \rho \int_0^\infty [\, g(r) \ln g(r) - g(r) + 1]\, dr\, .$$

Wir konnten im letzten Jahr Anomalien für die Diffusion und die Scherviskosität in einem speziellen Fluidsystem mit beschränkter intermolekularer Wechselwirkung, dem Gaussian Core Model: GCM, nachweisen. Das hatte letztendlich ein Versagen der berühmten Stokes-Einstein-Relation zur Folge (Phys. Rev. E 76, 031201, 2007). In diesen Untersuchungen zeigte die Wärmeleitfähigkeit λ jedoch kein anomales

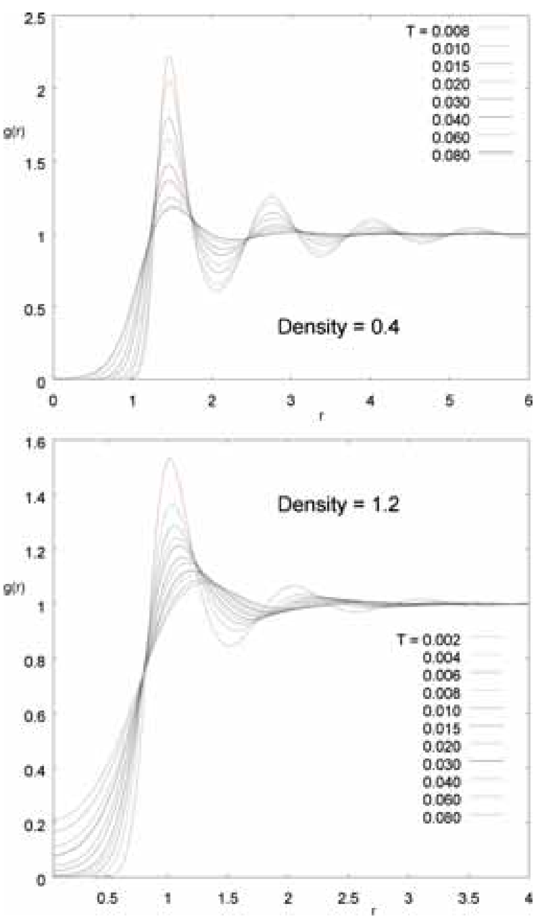


Bild 1: Paarkorrelationsfunktionen für das GCM bei dimensionslosen Dichten von 0.4 und 1.2 für verschiedene Temperaturen.

Verhalten. Wir glauben daher, dass das GCM-Fluid ein idealer Testfall für die oben diskutierte Theorie ist. Da wir eine Zustandsgleichung mit extrem hoher Genauigkeit – Darstellung durch mehr als 200 Koeffizienten – für das GCM herleiten konnten und Paarkorrelationsfunktionen (s. Bild 1) für einen sehr großen Zustandsbereich berechneten, können wir die Exzessentropie nach den oben skizzierten Möglichkeiten berechnen und mit den für das GCM berechneten Transportkoeffizienten korrelieren. Die Arbeiten hierzu sind gerade begonnen worden. Sollten sich die theoretischen Vorhersagen bestätigen, so ist ein interessanter, für die Praxis wichtiger Zusammenhang zwischen thermodynamischen Zustandsgrößen und kinetischen Transportkoeffizienten hergestellt.

Peter Mausbach

Abstract
Neue theoretische Arbeiten zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen kinetischen Transportkoeffizienten und der Thermodynamik eines Fluidsystems hergestellt werden kann und wie dieser zur Vorhersage von Transportanomalien genutzt werden kann. Wir überprüfen diesen theoretischen Zusammenhang an einem Fluidsystem mit durchdringbaren Teilchen mittels molekulardynamischer Simulation. Bei solchen Systemen sind interessante, neuartige Transportanomalien zu beobachten.

Projektleitung
Prof. Dr. Peter Mausbach
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik
peter.mausbach@fh-koeln.de

Projektbeteiligte
Prof. Dr. H.-O. May
Hochschule Darmstadt

Projektpartner
Hochleistungsrechenzentrum der Universität Siegen

Verstärkung von Textilveredlungsprozessen durch Ultraschalltechnologie – ULTRATEC Projekt

Der textilveredelnde Sektor ist ein wichtiger Teil der verarbeitenden Industrie der Europäischen Union. Zusammen mit der textilherstellenden Industrie wurden 2005 mehr als 198 Milliarden Euro Umsatz erzielt. In etwa 155.000 Betrieben waren mehr als 2,2 Millionen Menschen beschäftigt. Dieser wichtige Industriezweig kämpft gegenwärtig besonders hart gegenüber der Konkurrenz in den Billiglohnländern. Vor diesem Hintergrund hat die Kommission der Europäischen Union im 6. Rahmenprogramm für vier Jahre das „Specific Target Research Projekt" (STRP: NMP2-CT-2003-505892) mit dem Titel „Verstärkung von Textilveredlungsprozessen durch Ultraschalltechnologie" gefördert, das 2007 abgeschlossen werden konnte. In einem Konsortium mit 15 weiteren europäischen Partnern aus acht Firmen, fünf Universitäten und drei Forschungszentren aus sieben Ländern beteiligte sich die Fachhochschule (FH) Köln mit Kompetenzen zur sonochemischen Wasserbehandlung und zum analytischen Online-Prozessmonitoring an diesem Projekt. Das generelle Ziel dieses ULTRATEC-Projektes war die Verbesserung der Langzeit-Innovationsfähigkeit der europäischen Textilindustrie durch die Erzeugung von relevantem wissenschaftlichen Know-How zu Ultraschallprozessen und die Entwicklung neuer technischer Utraschalleinsatzmöglichkeiten für Textil- und Nichtwebeanwendungen.

Grundlagen

Ultraschall (US) sind nicht hörbare Schallwellen im Frequenzbereich oberhalb 18 kHz. Unter „power ultrasound" versteht man gegenüber diagnostischem Ultraschall (2-10 MHz) Ultraschall hoher Intensitäten und relativ niedriger Frequenzen (20kHz-5MHz). Diesen bezeichnet man auch als aktiven Ultraschall, da er neben physikalischen Effekten auf Grund von Kavitationsphänomenen sonochemische Effekte, wie die Entstehung von Radikalen aus Wassermolekülen, auslösen kann. Bisher wurden industrielle Ultraschallanwendungen häufig als sogenannte „Black box"-Ansätze konzipiert, deren Ergebnisse oft widersprüchlich, nicht reproduzierbar oder energetisch ineffizient waren. Ohne tieferes Verständnis der komplexen Ultraschallphänomene an Oberflächen, in der Kavitationsblase und als Mikroreaktorsystem mit der Möglichkeit der „kalten" Applikation hoher Drücke und Energie-Spots, war vor allem das industrielle Scale-up von Ultraschallanwendungen schwierig.

Ziele von ULTRATEC

Das Projekt sollte ein besseres fundamentales, wissenschaftliches Verständnis für Ultraschalltechnologien erarbeiten, die auf verschiedene Textilveredlungsprozesse oder ihre Begleitprozesse angewendet werden. Dieses wissenschaftliche Verständnis sollte als Ausgangspunkt für die Erarbeitung neuer industrieller Anwendungen von schnellen, ultraschallverstärkten Prozessen für den Textilsektor dienen. Dabei sollten mindestens drei neue Industrieanwendungen im Technikums- oder Praxismaßstab fertig gestellt werden.

Ergebnisse

Das Projekt ULTRATEC konnte wissenschaftliche und praktische Ergebnisse in folgenden Bereichen industrieller Textilbearbeitung erzielen:

- ultraschallverbesserte Textil-Wasch-Prozesse mit verbessertem Massentransfer
- umweltfreundlichere Coating Prozesse unter Nutzung von Polymeren und Nanopartikeln für die Produktion technischer Textilien
- ultraschallvermittelte enzymatische Bio-Colorierung natürlicher Fasern
- Biodegradation mit Ultraschall-Endreinigung von Textilabwasserkomponenten aus Abwasserkonzentraten der Farbstoffsynthese und Textilveredlung mit Antiflammschutzmitteln
- neue Nichtwebe-Prozesse durch ultraschallgestützte Herstellung von Nanofasern im Elektrospray

Detailergebnisse zur Sonochemie

Im ULTRATEC-Projekt wurden in diesem Arbeitspaket, an dem die FH Köln in besonderem Maße beteiligt war, folgende Projekte bearbeitet:

- Erarbeitung der theoretischen Grundlagen der Entstehung und Beeinflussung von Kavitation und Radikalbildung insbesondere für die Firmen der Praxispartner
- Untersuchung der Einflussparameter Ultraschallintensität und –frequenz, Lösemittelviskosität und gelöste Gase, Temperatur- und Matrixeffekte.
- Erarbeitung der theoretischen Grundlagen zur Energieumwandlung in sonochemischen Prozessen. Verhältnis von pyrolytischen Reaktionen und Radikalreaktionen

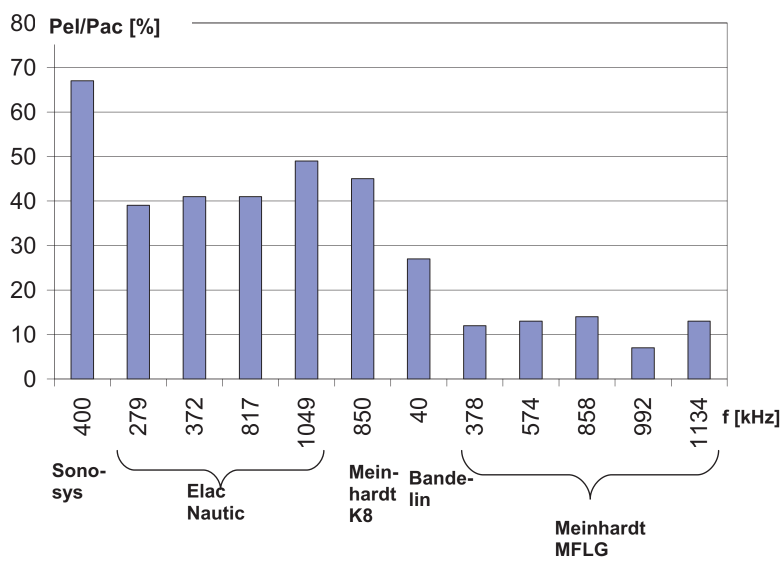


Abb. 1: Elektrische Effizienz bzw. akustische Ausbeute für Ultraschalldurchflussreaktoren verschiedener Hersteller

- Einführung von chemischen Dosimetern zur Bestimmung der Radikalbildungsrate sonochemischer Prozesse für alle Partner
- Charakterisierung kommerzieller Ultraschalldurchflussreaktoren hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und Radikalbildungsraten (Abb.1)

Die kostengünstigsten Radikalausbeuten konnten mit Einfrequenz-Sonotroden erzielt werden (Abb. 2).

Für jede Textilapplikation müssen die besten Ultraschallparameter, die geeigneten Horn- oder Flächensonotroden beziehungsweise die geeignetsten Ultraschallgeräte und –reaktoren ausgewählt und eingesetzt werden.
Die Kosten für die Radikalerzeugung konnten für ein Ultraschallgerät Meinhardt K8 (875 kHz) bei einem angenommenen Strompreis von 0,10 Euro pro kWh zu 0,09 Euro pro mmol Radikale/L abgeschätzt werden.

Sonochemische Effizienzsteigerung der biologischen Abwasserbehandlung von Azofarbstoffabwässern aus der Textilfarbstoffsynthese und Textilfärbung
Stand der Technik ist es, die biologische Abbaubarkeit von wasser- und umweltgefährdenden Stoffen durch verschiedene Vorbehandlungstechniken zu verbessern. Beispielsweise werden vor der Indirekteinleitung in industrielle oder kommunale Kläranlagen Ozonisierungen oder andere „Advanced Oxidation Processes" (AOP's) als Teilstromvorbehandlungstechniken eingesetzt. Diese sind nicht billig und teilweise gefährlich.

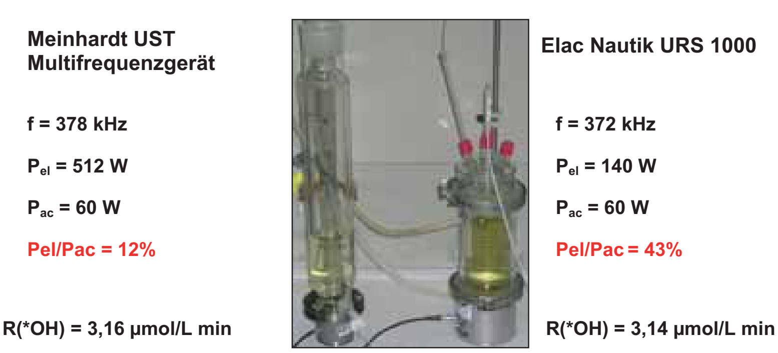


Abb. 2: Elektrische Effizienz und Radikalbildungsrate verschiedener Durchflussreaktoren

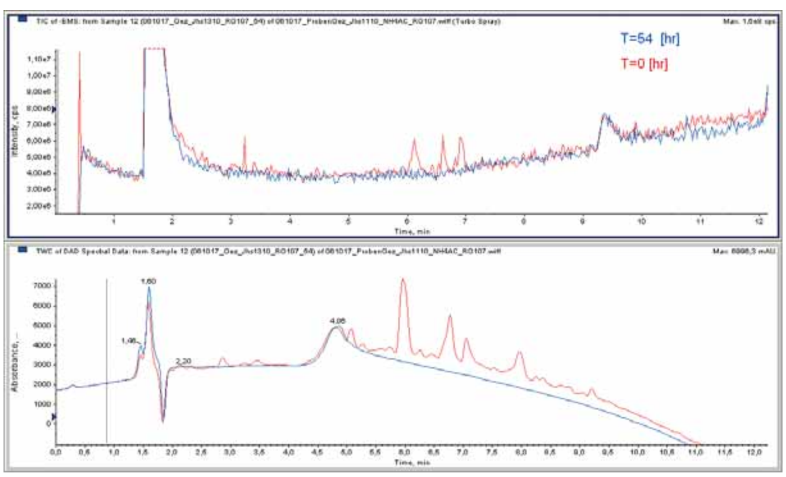


Abb. 3: LC-MS-Monitoring des kombiniert biologisch-sonochemischen Abbaus von Azofarbstoffabbwässern aus der Textilfarbstoffsynthese. Vollständige Entfärbung und Mineralisierung.

In der Textilbranche entstehen sehr große Mengen stark gefärbter Abwässer und durch den hohen Stand der Wasserrückgewinnung mittels Filtrations- und Membrantechniken besonders belastete Abwasserkonzentrate. Diese sollen nicht wieder verdünnt ins Abwasser gegeben werden. Eine Sprühtrocknung des Konzentrates mit anschließender Deponierung oder Verbrennung des Rückstandes ist ebenfalls nicht ideal. Hier wurde ein neues sonochemisches Nachbehandlungsverfahren entwickelt.

Als Vorbehandlungsstufe wäre der Einsatz von Ultraschall nicht genügend energieeffizient. Im Rahmen des ULTRATEC-Projekts konnten Teilstrombehandlungsverfahren für den Abbau von Azofarbstoffen auf der Grundlage einer anaerob-aeroben biologischen Vorbehandlung mit nachgeschalteter sonochemischer Behandlung entwickelt werden. Die mikrobiologische Behandlungsstufe bringt eine 95-98-prozentige Entfärbung, jedoch bleiben potenziell toxische Abbauprodukte zurück. Die Ultraschallnachbehandlung ermöglicht eine effiziente und sichere Endmineralisierung der 2-5 Prozent Reststoffe durch Radikalreaktionen der ohne Chemikalienzusatz mittels Ultraschall aus Wasser erzeugten Radikale.

In der anaerob-aeroben Versuchskläranlage der FH Köln (2x 40 L) wurden Farbstoffabwässer der gängigsten Jeans-Farbstoffe des Marine Blau (RB 5, RO 107 und RO16) kontinuierlich und bis zu Farbstoffkonzentrationen von 5mmol/L, etwa 2-5g Farbstoff pro Liter, behandelt (1m^3/Monat). Die optimalen Prozessparameter bezüglich Redoxpotenzial und Verweilzeit oder Durchsatz wurden mittels Online-LC-MS-MS-Monitoring ermittelt. Die LC-MS-Analysen zeigen, dass die Reststoffe der biologischen Behandlung farblich und stofflich vollständig abgebaut werden können. Damit wäre selbst eine direkte Einleitung des Wassers in den Vorfluter oder Fluss aus dieser Teilstrom-Vorbehandlungsstufe möglich (Abb. 3).

Versuche zur Nutzung von Ultraschallprozessen in Technikums- oder Pilotanlagen
Die Imprägnierung von Textilien liefert etwa bei der Herstellung von schwerentflammbaren Gardinen mit Phosphor belastete Abwasserteilströme, die durch die üblichen biologischen Oxidations- beziehungsweise chemischen Fällungstechniken nicht genügend gereinigt werden.

Im Technikumsversuch konnte gezeigt werden, dass mittels Ultraschall bei Frequenzen zwischen 375 und 850 kHz diese Organophosporverbindungen angegriffen werden können. Dabei fallen anorganische Phosphatverbindungen mit Metallkationen wie Calcium aus. Sie können ausgespült und abgetrennt werden.
Da für den effizienten Einsatz des Ultraschalls nicht das gesamte Abwasser sonochemisch behandelt werden darf, wurde die Pilotanlage direkt am Entstehungsort des am meisten phosphorbelasteten Abwasserteilstromes

Abstract

Durch ultraschallverstärkte biotechnologische und enzymatische Prozesse kann die Biotechnologie die Textilherstellung und –veredlung qualitativ wesentlich verbessern und die Umwelt besser vor Schadstoffen schützen. Das bewies das Forschungsprojekt Ultratec. Die zahlreichen Einzelergebnisse bieten viele Möglichkeiten für die Weiterentwicklung neuer ultraschallverstärkter Textiltechniken. Zunächst können kürzere Produktionszyklen durch reduzierte Behandlungszeiten erzielt werden, etwa beim Spülen nach dem Färben. Dadurch werden auch Kosten gesenkt, weil Energie und Chemikalien eingespart werden können. Auch umweltgefährdende Abwässer und Abfallprodukte der Textilveredlung aus Farbstoffsynthesen, Färbeprozessen und Textilimprägnierungen können somit ebenfalls verringert werden.

Projektleitung

Prof. Dr. Astrid Rehorek (ANABEL/ STEPS)
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik
astrid.rehorek@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

M.Sci. Rainer Frömel
M.Sci. Barbara Gornacka
M. Sci. Peter Hoffmann,
Dipl.-Ing. Johannes Malov
Dr. Michael Tauber
Dr. Özlem Tunc
M. Sci. Betül Yildiz

Projektpartner

Tecnotessile (TTX), Italien
Stimin, Italien
Technische Universität Graz, Österreich
Technische Universität Liberec, Tschechoslovakische Republik
Niederländische Organisation für Angewandte Forschung (TNO Enschede), Niederlande
Institut für Akustik (CSIC), Spanien
Universität Minho (Uminho), Portugal
Universität Twente (UT-TXT), Niederlande
Hokatex, Niederlande
Licana, Italien
Unitech Textile Machinery (Unitech), Italien
Machinefabriek van Wees BV Tilburg, Niederlande
Multistiq International Coating BV (Ten Cate Multistiq), Niederlande
Forbo-Swift Adhesives Nederlande BV (Forbo), Niederlande
Ten Cate Advanced Textiles BV (Ten Cate AT), Niederlande



Abb. 4: Organo-Phosphat-Reduktion bei einem Gardinenhersteller durch Ultraschall in einer Pilotanlage mit sechs Meinhardt US K8 Transducern

und unter Einschluss der chemischen Fällung angeschlossen.
Von der Gesamtphosphormenge konnten nach der Fällung mittels Ultraschall noch 6 Prozent des ursprünglichen Gehaltes beseitigt werden, was 1,49 kg/ Woche entsprach. Dabei wurden pro Woche etwa 300-350 kWh elektrische Energie verbraucht. Bei Annahme eines Strompreises für Industrieanwender von 0,10 Euro pro 1 kWh ergibt das etwa 32 Euro/Woche Energiekosten für diese Phosphorreduktionsmenge, was für den Anwender günstig ist (Abb. 4).

Astrid Rehorek



Monitoring- und Informationssysteme für das Flusseinzugsgebietsmanagement, Chile

Es wird zunehmend gefordert, dass die Nutzung der Wasserressourcen den Prinzipien des Integrierten Wasserressourcenmanagements (IWRM) folgen soll. IWRM betrachtet den gesamten Wasserkreislauf sowie seine anthropogene Beeinflussung im Kontext: Grund- und Oberflächenwasser, Wassergüte- und –menge, Wasserangebot und Nachfrage etc.

Ohne Zweifel ist für ein integriertes Wassermanagement auch eine integrierte, umfassende und zuverlässige Datenbasis notwendig. Für diese Datenbasis müssen regelmäßig Daten erhoben werden (Monitoring) und von den Nutzern abrufbar sein. Das Monitoringsystem muss einerseits wissenschaftlichen Kriterien an die Repräsentativität und Verlässlichkeit der Daten genügen und sich andererseits an dem Informationsbedarf der Entscheidungsträger orientieren.

Mit dem Projekt wird beispielhaft für das Einzugsgebiet des Rio Aconcagua in Chile eine Datenbasis geschaffen, die als Grundlage für das integrierte Management der Wasserressourcen dienen soll. Vorab wurden die Managementaufgaben sowie die Akteure analysiert sowie die Informationen spezifiziert, die abrufbar sein sollten. Daneben wurden zusätzliche Daten aus dem Einzugsgebiet erhoben bzw. generiert. So wurden etwa Satellitenbilder (Landsat ETM7) ausgewertet, um die Landnutzung zu klassifizieren, eine Befragung landwirtschaftlicher Betriebe zur Wasser- und Düngernutzung sowie Wasserqualitäts-messungen durchgeführt, um die räumlichen und zeitlichen Schwankungen der Wasserqualität in höherer Auflösung zu beschreiben.

Zentrum der Datenbasis ist ein geographisches Informationssystem (GIS). Zusätzlich sind einzelne Datenreihen (Niederschlag, Abfluss, Wasserentnahmen etc.) abrufbar.

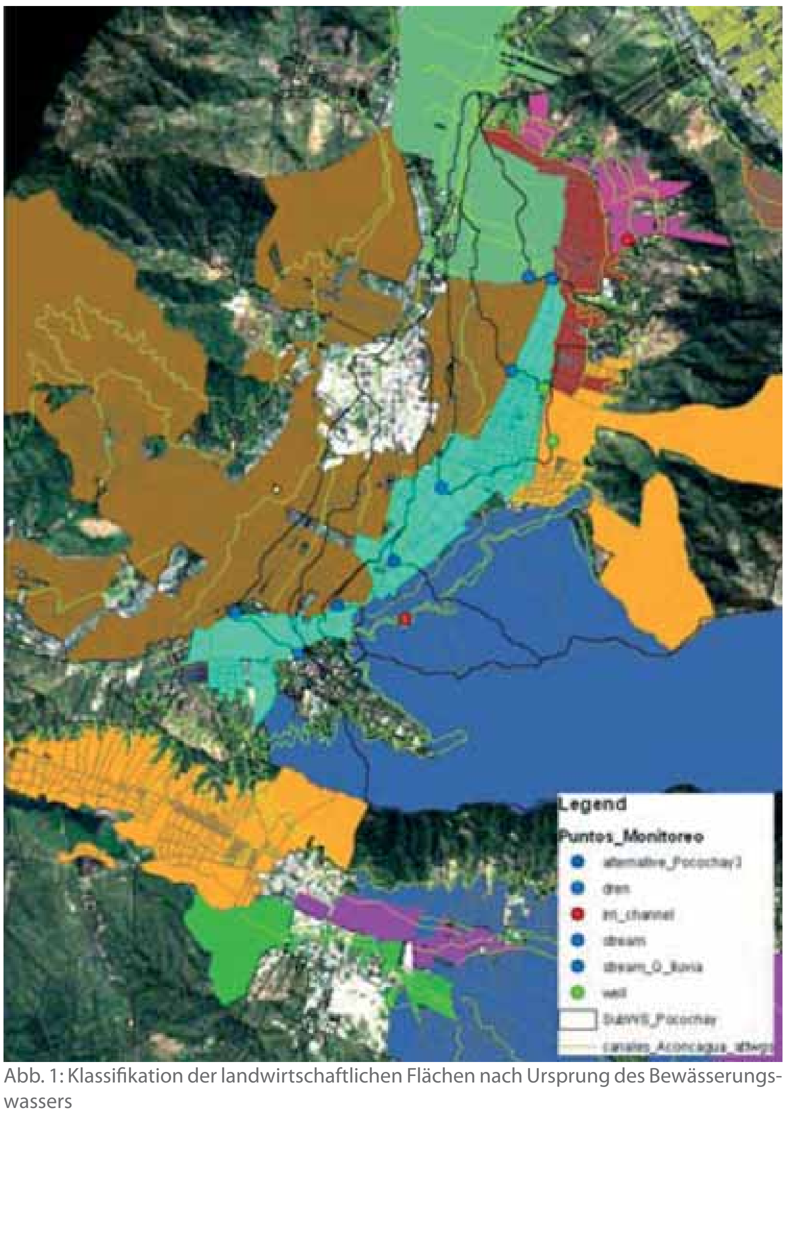


Abb. 1: Klassifikation der landwirtschaftlichen Flächen nach Ursprung des Bewässerungswassers



Abb. 2: Der Aconcagua an der Messstelle Chacabuquito

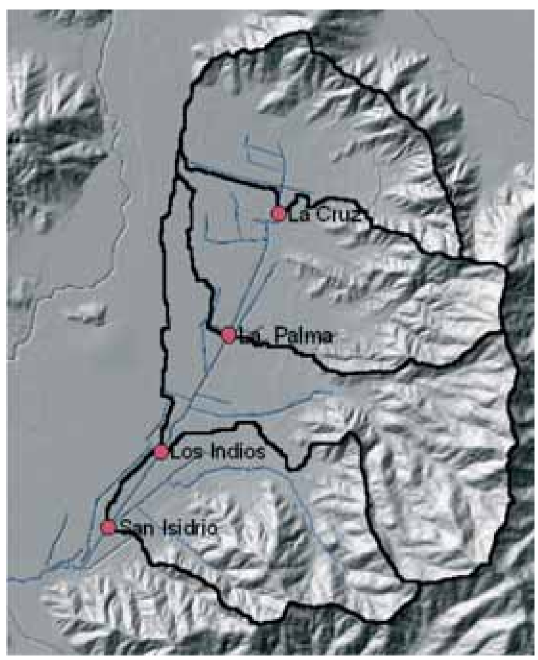


Abb. 3: Zuordnung von Einzugsgebieten zu Monitoringstationen

Luft- und Satellitenbilder sowie verschiedene Originalkarten können als Hintergrundbilder geladen werden.

Das Informationssystem wurde während der Erstellung mit den Nutzern im Einzugsgebiet diskutiert und abgestimmt. Im Dezember 2006 wurden die Projektergebnissen auf einem Workshop bei der DGA in Quillota vorgestellt werden.

Jackson Roehrig

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Jackson Roehrig
Dipl. Chem. Lars Ribbe (M.Eng.)
Institut für Technologie und Ressourcenmanagement in den Tropen (ITT)
jackson.roehrig@fh-koeln.de

Literatur

Ribbe, L, Delgado P, Salgado E, Flügel WA, 2007, Nitrate pollution of surface water induced by agricultural non-point pollution in the Pocochay watershed, Chile. Desalination (in press)

Ribbe L., E Salgado. 2004. Assessing the impact of irrigated agriculture on water quality - Methodology and First Results. Technology Resource Management and Development 3, 143 - 152

Dissemination Strategy on Electricity Balancing large Scale Integration of Renewable Energy (DESIRE)

Wind energy is a fluctuating weather dependent energy. The variations in wind speed are amplified, because the available power is rising with the third power of wind velocity so that a doubled velocity causes an 8 times higher power output. The integration of very high shares of renewable wind energy therefore needs balancing measures.

A natural balancing effect is that large areas even out total fluctuations, because wind conditions are different all over Europe at a certain time. This effect can be used as soon as there are sufficient grid interconnections between the European regions.

Technical balancing measures on a regional level may comprise combined heat and power generation (CHP) plants producing in times when energy is needed, id est at high electricity demand and at low wind energy production.

Vice versa electric loads should operate in times with "excess" electricity, which means high wind energy production and low electricity demand respectively.

Wind energy should be assessed as a given production. Wind energy generates electricity without CO_2 emissions and quasi without operation costs (fuel) and should therefore be used completely.

Starting position for Balancing Wind

There are several levels for balancing electricity consumption, but the fewer levels and regional responsibilities the less has to be balanced. Therefore it is better to balance wind and consumption profile together and not to balance wind and renewables "directly". All profiles together lead to the resulting profile that has to be balanced by Demand Side Management and CHP.

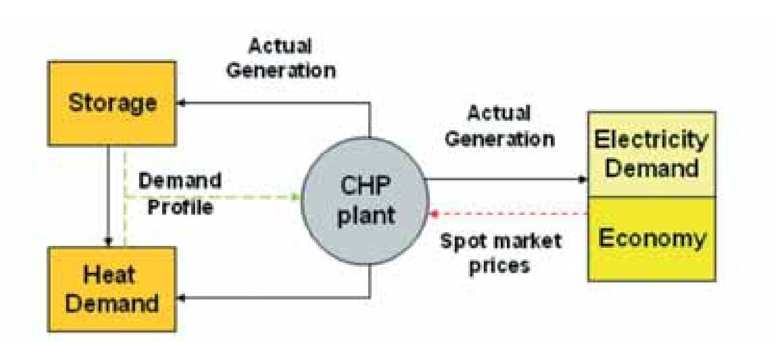


Figure 1: CHP System design to act in balancing markets

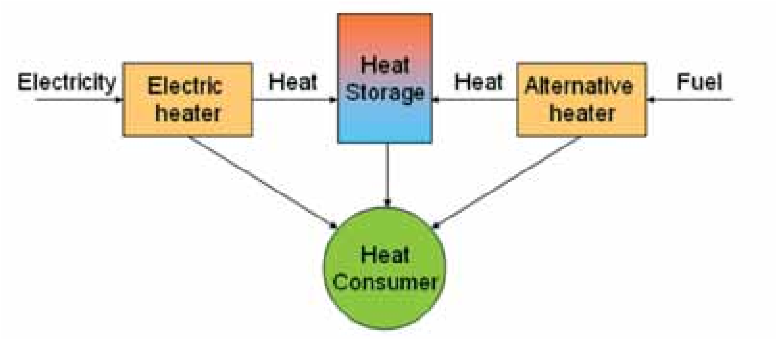


Figure 2: Electrical appliance storing thermal energy

Cogeneration of Heat and Power

Combined heat and power generation is a more efficient alternative to combine electricity generation by power plants and heat production only by boilers. This combined generation and use has to consider both demands, for electricity and for heat, and has to work economically. From the technical as well as from the economic point of view electricity is more valuable than heat. Therefore mainly the electricity production of a CHP plant determines an economic operation of the plant: High electricity demand, high prices. An economic operation and a production adapted to cover an electricity demand often lead to the same optimization.

Cogeneration comprises all technologies that take advantage of using most or even all of the heat and of the power produced at the plant. Often, especially for smaller plants, this is also an economic necessity. Cogeneration also comprises the largest fossil fired power plants with connection to a district heating grid, Diesel and gas engines, fuel cells, gas and micro gas turbines and Stirling engines. From the balancing point of view the main difference between different cogeneration technologies and designs is the efficiency and the power to heat ratio, which is linked with the demands that have to be covered.

Learning from Denmark

Denmark has the most extensive co-generated heat and electricity system in Europe. Over one-half of Danish electricity is co-generated with heat. How it came?

The expansion of distributed CHP started in the late 1980s and accelerated in the 1990s, mainly due to a regulatory regime which included a triple tariff and other incentives like CO2 taxes. The long tradition of CHP in Denmark gave many years of experience in identifying optimal performance and optimal investment designs under different conditions. These conditions also influence the design of new CHP plants in respect of sizing and the number of engines and thermal storage capacity.

As a consequence, the distributed CHP plants in Denmark are all equipped with thermal stores. Due to the triple tariff there has been a strong incentive for building those stores. Their capacity varies from 4 to 12 hours of full load production.

Germany for example had only prices, which are very comparable to the two lower Danish prices. Under these economic conditions the special incentive for building heat stores was missing. And with the missing storage capacity also the ability to balance renewable energies is missing. The payments in times with the low tariff meant either not to produce or to cover the own electricity demand. In Danish CHP plants the heat demand is covered from 90-percent co-generated heat production and the remaining 10 percent is produced by peak load boilers.

The distributed CHP plants are now expected to deal with liberalization and with selling different "products". These more advanced products are the deliverance of ancillary services:

- Primary reserves (automatic services)
- Upward Regulating reserves (manual services)
- Downward Regulating reserves (manual services)

These services are necessary for balancing between production and demand. The configuration with large thermal stores is closely related to the design of the triple tariff.

In Denmark plants in a size of 5 MW are now obliged to trade at the spot market. Spot markets are in principle a useful instrument for balancing power from wind and cogeneration, giving a "tariff" according to electric demand. CHP plants typically offer their input to the spot market a day ahead:

- a certain amount of electricity
- for certain hours
- and to a certain price, which depends on the own generation costs of each single plant

If the market price is higher than offered, the plant will operate at these hours. In the Danish demonstrations, the spot market has demonstrated good abilities to make CHP plants and wind turbines organize together through this market. It has e.g. been shown that at hours when wind turbines produce a major part of the consumption, the CHP plants avoid producing, due to the fact that the spot prices are low at these hours. At these hours, the CHP plants cover the heat demand of the particular region mainly through the thermal store.

Barriers for the Extension of Cogeneration

In some European countries, CHP is a well-known and widely used technology. In others, CHP has not yet been integrated into the electricity supply. A general integration of CHP and wind power at the European level is expected to be achieved only by an active public regulation. There is no legal barrier for the implementation of the balancing projects in the analysed countries, but some market barriers remain and should be removed to implement the DESIRE idea.

Lack of a competition in the electricity market. A competitive but fair electricity market is necessary with the aim to give new entrants access to the market. This is hindered through high market concentration and existing long-term contracts. In Estonia, the problem is even higher, as there still remains a monopolistic situation, because Estonia was allowed by the EC to delay the liberalization of electricity market.

How to enter the market. The minimum capacity to obtain market entrance is a major barrier for the implementation. In Spain for example power plants with a capacity below 1 MW cannot enter the market, unless they are aggregated. In Denmark, minimum capacity is even higher than in Spain (10 MW). Therefore, small power plants can only sell their electricity output to the Distribution System Operator at a fixed price. As a result, balancing projects can only be carried out by medium-sized or big cogeneration plants. In the UK, small producers must contract an energy seller to enter the market.
Besides, it prevents small units to benefit from the enhanced operation that can be obtained through the use of these balancing techniques.

Inflexible Combined Heat and Power. Most, if not all, cogeneration plants in Spain and the UK are linked to industrial processes. The regulatory framework does not give the appropriate incentives to install heat accumulators and to transform current installations into flexible. Although district heating is widespread in Germany and Poland, the technology used does often not offer a fast response. Therefore, it is difficult for these plants to be able to balance wind power, or to react to real-time price signals.

Insufficient schemes to promote market integration of wind power. Present promotion schemes for wind power in Denmark are insufficient to make new investments



Figure 3: CHP plant with heat storage in Skagen

nkt cables — Aus Erfahrung wird Zukunft

Die nkt cables GmbH ist ein stark wachsendes und international agierendes innovatives Unternehmen mit Kundenkontakten weltweit.

Mit über 540 Mitarbeitern am Standort Köln entwickeln, produzieren, projektieren und verkaufen wir moderne und zukunftsweisende Produkte auf dem Gebiet der Energieübertragung mit Kabeln und Garnituren für Hoch- und Höchstspannung.

Auf der Grundlage von über 135 Jahren Knowhow beansprucht nkt cables heute nicht nur die Technologieführerschaft im Bereich Bahnleitmaterial, unser Unternehmen ist auch wegbereitend und maßgebend für Zukunftstechnologien wie der Supraleiterkabel-Technologie.

Angesichts der mittel- und langfristigen Unternehmensentwicklung von nkt cables erweitern wir aktuell unseren Standort Köln um einen Fabrik-Neubau mit modernsten Entwicklungs- und Produktionsanlagen.

Vor diesem Hintergrund suchen wir zur Verstärkung am Standort Köln

ehrgeizige und engagierte

Ingenieurinnen und Ingenieure

die eine Aufgabe darin sehen, gemeinsam mit nkt cables die Zukunft der Energieübertragung zu gestalten.

Auf Sie warten interessante und abwechslungsreiche Tätigkeiten in einem international agierenden Unternehmen. Haben wir Ihr Interesse geweckt?
Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen lassen Sie uns gerne per E-Mail unter Angaben Ihrer Gehaltsvorstellungen zugehen.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung.

Help us make things happen



nkt cables

nkt cables GmbH
Personalrecruitment
Schanzenstraße 6-20
D-51063 Köln
Telefon +49 (0)2 21/6 76 - 25 15
Telefax +49 (0)2 21/6 76 - 10 25 15
E-Mail personal@nktcables.com
Internet www.nktcables.de


Es tut so gut, sich für das Beste zu entscheiden.
Fast 2.000 Menschen entscheiden sich pro Tag für den Testsieger.
Zum dritten Mal in Folge ist die TK Sieger im größten deutschen Krankenkassenvergleich von FOCUS-MONEY. Bewertet wurden unter anderem Zusatzleistungen, Service und Wahltarife.
FOCUS MONEY
Deutschlands beste Krankenkasse
Ausgabe 49/2008
Ausgabe 48/2007
Ausgabe 50/2006
Wechseln auch Sie zur TK – mit Sicherheit die richtige Entscheidung.
Wir freuen uns auf Ihren Anruf!
Sie erreichen uns 24 Stunden täglich an 365 Tagen im Jahr.
Tel. 0800 - 422 55 85
(gebührenfrei innerhalb Deutschlands)
www.jetzt-zur-tk.de
TK
Techniker Krankenkasse
Gesund in die Zukunft.

profitable. In the last two years the installation of new wind power capacity has been almost negligible. The German feed-in tariff system with a constant tariff independent from demand hinders the market integration for other than naturally fluctuating renewable energy sources. This system is absolutely appropriate to promote the installation of wind power, but it does not facilitate other balancing techniques to shift energy production like proposed in this project.

Operation Restrictions by a Missing Heat Demand. Without heat storage CHP operation is governed to a high degree by the present heat demand. If additionally big sized heat storages of the Danish Design are used, the co-generated heat can be stored, and in consequence the plant can also be operated in times with low actual heat demand. In this way the CHP plant operation can mainly be adapted to e.g. spot market electricity prices or to a balancing power demand or to times with low wind power production.
The flexibility in operation rises with heat storage capacity and operation gets more and more, but not totally independent from the heat demand profile.
Heat demand consist of a space heat demand that varies much over the year, a quite constant hot water demand, and including the industry, of a process heat demand. A high efficient combined heat and power generation becomes not completely flexible and independent from the heat demand profile without wasting heat which would reduce the efficiency.

Balancing Wind by Co-generation – Demonstration Projects within DESIRE
The DESIRE project has demonstrated how local CHP plants can help achieving a balance between supply and demand in a system with fluctuating wind power productions, when these plants are equipped with a big CHP capacity and big thermal stores. The relevant software and other tools have been used in case studies in Denmark, Germany, and the UK. The time scale for integrating productions from geographically distributed wind turbines in a region is typically 15 minutes or more. Moreover, most of the local plants are not well suited for delivering fast automatic balancing – as exempli gratia primary automatic regulating reserves within 30 seconds and secondary automatic regulating reserves within 60 seconds. Therefore, the project has focused on spot markets and 15 minutes manual regulating power markets one hour and one day ahead in the demonstrations prepared in work package 4 and realized in work package 5.

In Denmark, the NordPool Elspot Market (www.nordpool.com) has been selected as the primary market of this work. This market is a physical day-to-day delivery power market. The demonstrations have been focused on power contracts of one-hour durations. The Manual Regulating Power Market is the selected ancillary market that has been worked with in Denmark. The Danish TSO (www.energinet.dk) operates this market. The practical demonstrations have taken place on Hvide Sande CHP plant and Skagen CHP plant, which are selling their electricity productions on the spot market. In the DESIRE project, the operation of these two plants has been made available online, to be seen at http://www.project-desire.org/.

It has not, as first expected, been possible to make practical demonstrations of these two plants participating on the Regulating Power Market. These demonstrations have been made as simulations in the software tool energyTRADE. In Germany and the United Kingdom (UK), the demonstrations have been made as simulations. In Germany, the spot market on the European Energy Exchange (EEX) has been simulated and, in the UK, the "Prompt market" and the "Fixed tariffs market" have been simulated. In the demonstrations, advanced tools for optimal bidding on the different markets has been used, and the two Danish plants have been equipped with cost-effective IT solutions, allowing fast delivery of new production plans to each plant.

In Denmark, the minimum bidding on the Regulating Power Market is 10 MW and, in Germany, the minimum bidding is 30 MW – since September 2006 15MW. Therefore, generation pools and bidder communities have been assumed, to give an example it has been assumed that CHP plants are divided into groups of a little more than 10 MW each. It has for example been shown that at hours when wind turbines produce a major part of the consumption, the CHP plants avoid producing, due to the fact that the spot prices are low at these hours. At these hours, the CHP plants cover the heat demand of the particular region through the thermal store.



Figure 4: Wind generator

In the German and UK simulations, it has been shown that it is feasible at existing district heating schemes to build a big CHP capacity and big thermal stores, which necessary in order for these plants to contribute to the balance between supply and demand in a system with fluctuating wind power productions.

Balancing with Demand Side Management
Another possibility to balance wind energy is to shift operation of electric consumers from times with little to times with high wind power contribution, as well as from times with high electricity demand to times with low consumption. Electrical energy storage is a very cost intensive matter. To give an example the cost of thermal energy storage is by magnitudes smaller. Therefore, thermal energy storage has to be preferred to electricity storage whenever a shift of the electrical load can be achieved by thermal energy storage. Those non-electrical energy storage devices have been investigated with emphasis on a transition to a flexible electricity demand (demand response) with the aim to adapt electricity generation and electricity consumption.

Those possibilities can be divided into two categories:

1. Transition to a flexible electricity demand by changing user behavior.
2. Transition to a flexible electricity demand by loads with external or intrinsic storage capacities.

Changing user behavior
Apart from electricity consumers with intrinsic storage capacity a further transition to a flexible electricity demand can be obtained when users change their pattern

of electricity usage. Users can be encouraged to do so exempli gratia by dynamic electricity tariffs. Large-scale experiments have shown that at least a certain fraction of the electricity consumption can be shifted by providing users with those kinds of tariffs.

Another possibility to shift electricity consumption in households is the automation of electricity consumers. Current activities of utilities with so-called “smart metering concepts” that allow remote meter reading, remote connection and disconnection of users and appliances move into that direction. Taking into account only typical consumers like dish washers, washing machines and dryers that are suited to be shifted according to dynamic tariffs one results in a shift potential of 15.2 TWh per year in Germany.

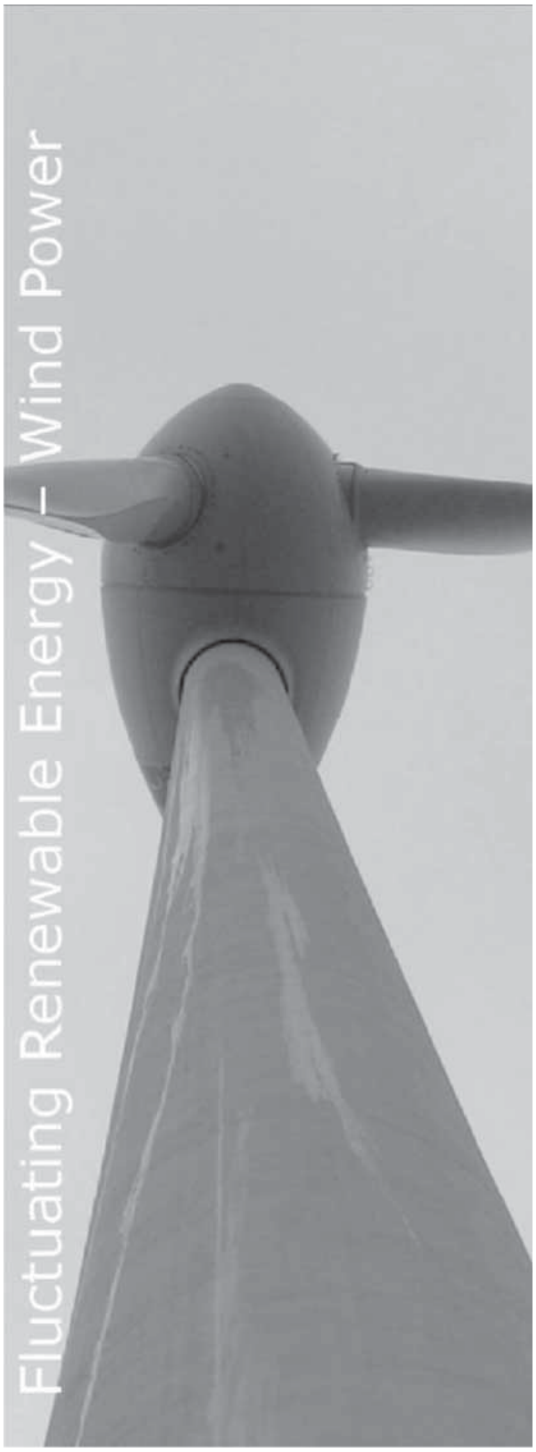


Figure 5: Wind Generator – a fluctuating electricity generation technology

Loads with storage capacity

The second form of a Demand Side Management is the transition to a flexible electricity demand by loads with external or intrinsic storage capacities. The big advantage of this kind of demand response is that the user is not affected at all. The energy service is always to his/her disposal. To this category belong:

- Combination of heat pumps with thermal energy
- storage
- Storage heating systems
- Electrical warm water heating systems
- Ventilation systems
- Refrigeration with cold/ice storage
- Circulation pumps in hot water heating systems

The most important categories belong to the use of electricity for heating purposes.

The idea of shifting electricity consumption by means of storage heating is an old one – long before high shares of wind energy and other renewable energy sources had been discussed. In Germany utilities started in the 1960s to distribute night storage heating facilities in order to build up nowadays electricity supply structure. Without this type of demand response today’s electricity generation with high shares of base load power stations like nuclear and coal power stations couldn’t have been realized. In the same way those facilities can be used in order to integrate not base load type power stations but resources of fluctuating nature.

Demand Side Management Today: Night Storage Heating Facilities. Night storage heating facilities are electric heating devices with storage. The heat is stored in solid materials in the interior of the device and released when required in the peak electric (and heat) load period during the day. The existing potential is enormous, in Germany the available power has been in the order of 40 GW and the yearly consumption was 27 TWh. For electricity producers such devices had the advantage of providing a higher electric base load, which allowed operation of inert coal fired plants also during night. The incentive from the costumer’s point of view for using this technique is a cheaper electricity price during low electric demand periods such as overnight. Night storage heaters have been an efficient measure to equal the load in a fossil “energy dispersing system”. Normal operation of night storage heating systems is to charge them during night time with low demand. The storage heating system is charged until the energy content is about the amount that is forecasted to be used during the next day. In the following night it is recharged again. When using those facilities for e.g. wind integration it can be necessary not only to charge them during night but at high wind loads. And it can be necessary to charge them in a way that they store the capacity for more than the next day when there is a longer lasting calm.

Balancing Wind by Demand Side Management and Co-Generation

Fluctuations can be reduced to a minimum with few instruments:

- CHP production operating in times with positive regulating power demand
- demand side management operating in times with negative balancing power demand

EnergyPLAN. The simulation software EnergyPLAN has been developed by Aalborg University and other partners in the project. It can be downloaded free of charge from including a comprehensive manual. It is an input-output model, which uses

data on capacities and efficiencies of the energy conversion units of the system and availability of fuels and renewable energy inputs. Hour by hour it calculates how the electricity and heat demands of society will be met under the given constraints and regulation strategies.

The result of the calculation is a detailed knowledge on the production of the different units. From this, fuel consumption can be calculated and subsequently the socio-economic costs and CO_2 emissions for the following countries which have been involved in the DESIRE project: Estonia, Denmark, Germany, Poland, Spain, UK.

Ingo Stadler

Abstract

What happens when the wind does not blow? Electricity cannot be stored in quantities needed in our today's energy systems. But finally, electricity is converted into many different energy services. And those energy services convert electrical energy into other forms of energy – quite often into thermal energy – which can much better be stored than the formerly electricity.

That is where the DESIRE project targets at. It is shown that e.g. combined heat and power systems with integrated thermal energy storages are capable of balancing energy systems with a high wind power penetration. It is further shown that when this concept is extended to a variety of demand response measures with electrical appliances that store heat or cold almost no limits for fluctuating renewable energies exist.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Ingo Stadler
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnikö
Institut für Elektrische Energietechnik
ingo.stadler@fh-koeln.de

Projektpartner

Aalborg University
EMD International A/S
PlanEnergi
University of Birmingham
Institut für Solare Energieversorgungstechnik
Universität Kassel
EMD Deutschland GbR
Fundación Labein
Warzaw University of Technology
Tallin University of Technology



DIENSTLEISTUNGEN IM GESELL-SCHAFTLICHEN, WIRTSCHAFTLICHEN UND TECHNOLOGISCHEN WANDEL

CLUSTER 8

Ergebnisse zum Käuferverhalten beim Erwerb von Heimwerkergeräten - Ansätze eines Marketingkonzeptes

Die Projektgruppe des Betriebwirtschaftlichen Instituts in Gummersbach der Fachhochschule Köln entwickelte zu Projektbeginn (November 2005) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER) an der Bergischen Universität Wuppertal ein Befragungsinstrumentarium, das das Käuferverhalten beim Kauf von Handmaschinen und Heimerkergeräten erfasst. Zur Auswertung wurden insgesamt 1.085 vollständige Befragungen herangezogen. Die Befragungsstichprobe unterteilt sich in 805 Vor-Ort-Befragungen in Baumärkten und 280 Online-Befragungen. Die Studie bestätigte viele Vermutungen: Für rund 60 Prozent der Käufer von Heimwerkergeräten spielen die Faktoren „Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit" eine wichtige Rolle, nur 13 Prozent halten dies für unwichtig. Insbesondere mit zunehmendem Alter gewinnt der Faktor „Sicherheit, Ergonomie, Umweltverträglichkeit" zunehmend an Bedeutung bei der Kaufentscheidung: Mehr als 70 Prozent der Käufergruppe ab 50 Jahren schätzen den Faktor „Sicherheit, Ergonomie, Umweltverträglichkeit" als wichtiges Funktionsmerkmal von Heimwerkergeräten ein. Die jüngere Altersgruppe der bis 29-Jährigen benennt diese Antwortkategorie zu lediglich 46, 9 Prozent.

Ebenso eindeutig wie der Faktor „Sicherheit, Ergonomie, Umweltverträglichkeit" eine altersabhängige Wichtigkeit aufweist, verhält es sich beim Geschlecht. Frauen messen diesem Faktor einen höheren Stellenwert (70 Prozent) bei der Kaufentscheidung zu als männliche Verbraucher (57 Prozent).

Der Aspekt „Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit" ist auch wichtig bei der Frage nach den wichtigsten Faktoren, die zu einer Kaufentscheidung führen. Funktionalität, Sicherheit und der Kaufpreis wurden am häufigsten genannt (vgl. Abb.1). Erstaunlich niedrig sind die Nennungen nach der Wichtigkeit beim Kauf von Heimwerkergeräten und Handmaschinen, wenn es um die Marke (Image), das Design oder das Ursprungsland geht.

„Made in Germany", so die Ergebnisse der Käuferbefragung, hat als kaufentscheidendes Kriterium an Bedeutung verloren. Lediglich 4,1 Prozent sagen, dass eine positiv eingeschätzte Marke oder Hersteller bzw. Werbeträger wichtig für die Kaufentscheidung sind.
Folgerichtig sind die befragten Kunden auch zuerst bereit, bei der Anschaffung eines Low-cost- Produktes Abstriche bei Design, Marke und Herkunftsland zu machen.

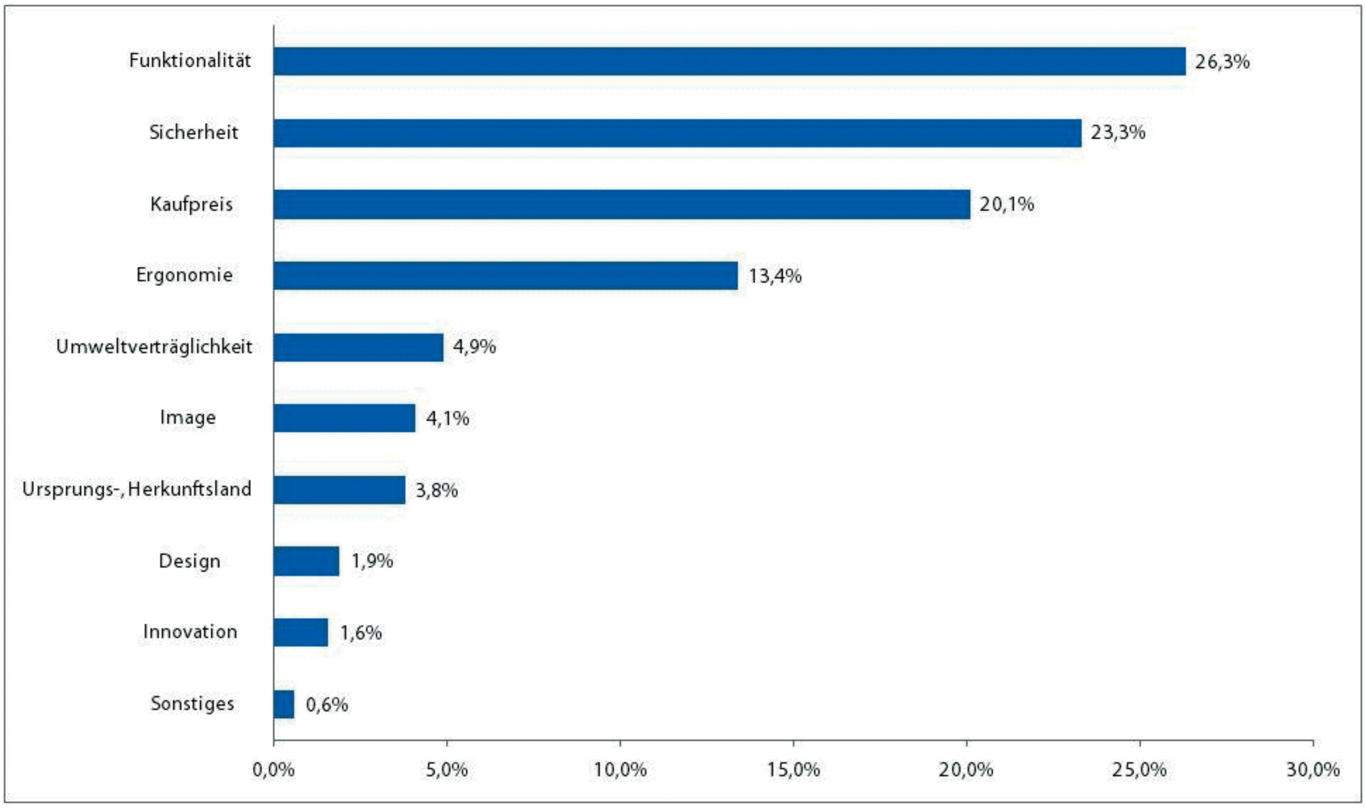


Abb. 1: „Was ist beim Kauf von Handmaschinen und Heimwerkergeräten besonders wichtig?", Mehrfachnennungen möglich, N=1.085



Auf Sicherheit und Ergonomie wird auch bei Geräten im unteren Preissegment nicht gern verzichtet.

Daher überraschen auch die Ergebnisse der Befragung nach der Markengläubigkeit nicht. Nur rund 30 Prozent der Befragten stimmen der Aussage„Markenprodukt bedeutet gleichzeitig sicheres Produkt“ zu. Jüngere Käufer sind gegenüber Markenprodukten und ihren sicherheitsrelevanten Eigenschaften viel skeptischer als ältere Verbraucher. Auch Frauen sind nicht davon überzeugt, dass ein Markenprodukt für ein sicheres Produkt steht. Während Männer dieser Aussage zu 36,2 Prozent die Zustimmung verweigern, sind es bei den Frauen fast 50 Prozent (47,3 Prozent).

Lediglich die innovationsbewussten Käufergruppen haben mehr Vertrauen in die Sicherheit von Markenprodukten. Für sicherheitsorientierte Käufer ist ein Markenprodukt kein Garant für ein sicheres Produkt (Abb. 2).

Überaschend war das Ergebnis über den Bekanntheitsgrad der einzelnen Sicherheits- und Umweltkennzeichen. Nur ca. 50 Prozent der Befragten ist das CE-Kennzeichen bekannt, obwohl gerade dieses Kennzeichen belegt, dass das jeweilige Produkt den EU-Richtlinien zu Sicherheit und Umweltverträglichkeit entspricht. Dagegen haben es unabhängige Prüf- und Zertifizierungsstellen geschafft, das GS- Kennzeichen („geprüfte Sicherheit“) weithin bekannt zu machen: 83 aller Befragten kennen die Bedeutung dieses Prüfsiegels.

Schlussfolgerungen aus der Käuferbefragung – Ansätze eines Marketingkonzeptes

Zusammenfassend lassen sich aus den Ergebnissen zum Käuferverhalten als Basis für ein Marketingkonzept folgende Schlüsse ziehen:

Sicherheitsaspekt

- Generell hat der Sicherheitsaspekt bei Kaufentscheidungen einen hohen Stellenwert
- Sicherheit wird wichtiger mit zunehmendem Alter der Käufer
- Sicherheit ist für Frauen wichtiger als für Männer
- Bei geplanten Kaufsituationen ist Sicherheit wichtiger als bei ungeplanten, bei denen der attraktive Preis eine größere Rolle spielt

Vertrauen in Markenprodukte

- Das Vertrauen in die Sicherheit von Markenprodukten nimmt mit zunehmendem Alter zu
- Männliche Käufer haben mehr Vertrauen in die Sicherheit von Markenprodukten als weibliche Käufer
- Gerade für sicherheitsorientierte Käufer bedeuten Markenprodukte nicht automatisch Sicherheit

Bekanntheit von Sicherheitszeichen

- Sicherheitszeichen sind generell nur teilweise bekannt
- Je älter die Käufer, desto stärker wird auf Sicherheitszeichen geachtet
- Auch weibliche Käufer achten verstärkt auf Sicherheitskennzeichnungen
- Gerade leistungs- und preisbewusste Käufertypen achten kaum auf Sicherheitskennzeichnungen

Käufertypen

- Sicherheits-, leistungs- und preisbewusste Käufertypen sind in etwa gleich verteilt
- Der sicherheitsbewusste Käufertyp dominiert bei älteren Altersgruppen
- Unter Profis dominiert häufig der sicherheits- und leistungsbewusste Käufertyp, während unter Heimwerkern der preisbewusste Käufertyp dominiert

Weitere Schlussfolgerungen

- Das Beratungsgespräch stellt für alle Käufergruppen mit Abstand das wichtigste Informationsmedium dar – noch mal verstärkt ist dieser Trend bei Frauen und älteren Käufern
- Der ganz überwiegende Teil der Käufer setzt das Gerät monatlich oder seltener ein (trifft v.a. für Heimwerker zu)

Die Kundenbefragung bringt folgende allgemeine und käufersegmentspezifische Schlussfolgerungen für ein Marketingkonzept.

Produktpolitik

Da der Sicherheitsaspekt bei Kaufentscheidungen einen hohen Stellenwert hat und die Mehrzahl der Käufer geringe Erfahrung hat bzw. das Produkt auch nur selten einsetzt, sollten einfache und robuste Produkte innerhalb der Produktpalette stärker Berücksichtigung finden. Der F&E- Aufwand bei den Herstellern sollte daher weniger auf die Entwicklung technischer Innovationen im Sinne weiterer Funktionalitäten als auf die Vereinfachung der Produkte in Bezug auf die Handhabung gerichtet sein.

Darüber hinaus sollte der Service, die den Käufer bei der Handhabung der Geräte unterstützt ausgebaut werden. Hier sind insbesondere zu nennen: Vor-Ort-Demonstration der Handmaschinen und Heimwerkergeräte, Anwenderkurse und die Einrichtung einer technischen Hot- Line. Zukünftige Untersuchungen sollten der Frage nachgehen, in wieweit die Käufer von Heimwerkergeräten und Handmaschinen bereit sind, diesen Service auch monetär zu honorieren.

Da die Sicherheit und das Vertrauen in Markenkennzeichnungen ebenfalls nur teilweise vorhanden sind, erscheint es als dringend angezeigt, dass die Hersteller im Rahmen der Produktpolitik die Produktverpackungen stärker dazu nutzen sollen, in einer einfachen und klaren Sprache auf die Einsatzvoraussetzungen bzw. Anwen-

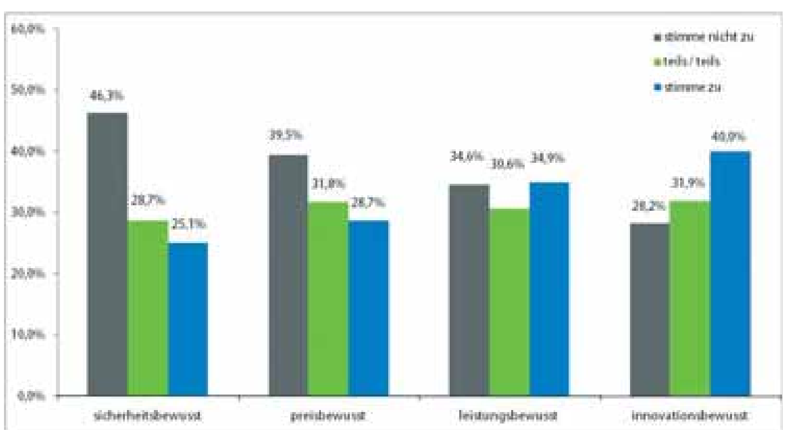


Abb. 2: Markenprodukt bedeutet gleichzeitig sicheres Produkt nach Käufertypen, N=1.085

derkenntnisse, die zum Betrieb dieser Produkte notwendig sind, aufmerksam zu machen.

Preispolitik

Aus den Ergebnissen der Käuferbefragung ist nicht ohne weiteres erkennbar, ob sicherheits-, ergonomie- und umweltgerechtes Produkt nur ein bekundetes Kaufentscheidungsmerkmal ist, und ob der Großteil der Nutzer auch bereit ist, für mehr Sicherheit mehr zu zahlen. Generell zeigt die Studie, dass es neben sicherheits- auch preisbewusste Käufergruppen gibt, die sich durch die klassischen Instrumente wie Rabatte, Preisbündelung etc. gut ansprechen lassen.

Für Hersteller gilt es deshalb, Preisdifferenzierung zu betreiben: Ähnliche Produkte werden zu unterschiedlichen Preisen auf den Markt gebracht. Dabei ist es wichtig, keine Abstriche bei der Sicherheit zu machen, denn alle Käufergruppen erwarten Sicherheit als notwendige Voraussetzung. Es spricht aber einiges dafür, Produktlinien mit einfach handhabbaren Grundprodukten und Produkte mit innovativeren Zusatzfunktionalitäten preislich voneinander zu trennen.

Vertriebspolitik

Das Beratungsgespräch stellt über alle Nutzergruppen das wichtigste Informationsmedium dar. Das bedeutet, dass am „Point of Sale" Qualität und Quantität des Personals auch im Interesse der Hersteller verstärkt werden muss. Hersteller sollten da mit Einzelhändlern/Baumärkten gemeinsame Lösungen suchen. Auch Verkaufsstände, die vom Herstellerpersonal besetzt sind, kommen in Betracht, damit der Hersteller die Kontrolle über die Beratungsqualität nicht verliert bzw. ausüben kann.

Überraschend zeigt die Auswertung der Gesamtstichprobe, dass ungeplante Käufe häufiger stattfinden als vermutet. Neben der Intensivierung des Einkaufserlebnisses wird man aber auch - um die preisbewusste Zielgruppe wie bisher ansprechen zu können - auf besondere Schnäppchenaktionen nicht verzichten können.

Kommunikation

Interessante Erkenntnis aus der Studie: Sicherheit und Leistung sind die wichtigsten kaufentscheidungsrelevanten Kriterien – trotzdem bekämpft sich gerade die Baumarktbranche mit spektakulären Preiskämpfen, stellt den Preis als Werbebotschaft fast immer einseitig heraus und erfindet immer neue Rabattaktionen um Kunden in den „Markt" zu ziehen. Nach den nun vorliegenden Ergebnissen wird damit nur ein geringer Kundenkreis wirklich angesprochen.

Kommunikation sollte einerseits auf sachliche Information setzen und andererseits emotionale Elemente wie die Freude am Selbermachen, Einkaufserlebnis etc. in den Vordergrund stellen. Für die sachliche Informationsvermittlung sind klare Kennzeichnungen auf der Produktverpackung vorzusehen, da Sicherheitskennzeichen weniger bekannt als angenommen sind. Darüber hinaus reicht es nicht aus, ausschließlich die Marke zu bewerben, da die wenigsten Verbraucher „Markenprodukt mit sicherem Produkt gleichsetzen".

Sehr deutlich zeigen die Befragungsergebnisse, dass der „persönlicher Verkauf" einen weitaus höheren Stellenwert hat, als die zurzeit intensiv betriebene Massenwerbung. Hier ist ein Wechsel der bisherigen Marketingstrategie von Handel und Industrie angezeigt.

Zur Förderung ungeplanter Käufe und zur Weckung Kaufbedürfnisse kann auch der Ausbau der regionalen Kommunikation sinnvoll sein. Verkaufsoffene Sonntage mit Sonderaktionen oder Präsenz im Lokal-Radio oder ansprechende Außenwerbung sind hier zu nennen.



Abb. 3: Marketingkonzept für Käufersegment „Instandsetzer"

Käufersegmente

Da der persönlichen Ansprache gegenüber der Massenwerbung der Vorzug gegeben werden sollte, bieten sich im Heimwerker- und Baumarktbereich folgende käuferspezifische Cluster an, die über die Klassifizierung von Geschlecht und Alter hinaus, stärker auf den Nutzertyp ausgerichtet sind.

Wie in der DIY- und Baumarktbranche gängig und anhand der BBE- Studie[1] gestützt, kann im Allgemeinen zwischen den Käufersegmenten „Instandsetzer", „Hobby-Heimwerker" und „Profi-Anwender" unterschieden werden. Im Einzelnen lassen sich die Käufersegmente wie folgt beschreiben.

Käufersegment 1: Der Instandsetzer (Abb.3)

- Sieht Heimwerken als Mittel zum Zweck; Ergebnis steht im Vordergrund, nicht der Prozess selbst
- Nutzt Gerätschaften nur sporadisch, d.h. wenn es im Umfeld des eigenen Heims Dinge zu renovieren, reparieren etc. gibt, d.h. es muss einen konkreten Anlass geben
- Geht vernunftsorientiert vor beim Kauf: Geplante Käufe dominieren, Sicherheit spielt eine sehr große Rolle
- Sicherheitskennzeichen finden Beachtung, sind aufgrund der Vorkenntnisse im Heimwerkerbereich aber nur teilweise bekannt
- Hoher Informationsbedarf vor dem Kauf; hohe Präferenz persönlicher Beratung
- Beachtlich hoher Anteil weiblicher und älterer Nutzer

Käufersegment 2: Hobby-Heimwerker (Abb. 4)

- Sieht Heimwerken als Freizeitbeschäftigung und werkelt gern unabhängig vom Anlass
- Größere Erfahrung beim Einsatz von Heimwerkergeräten als der nutzenorientierte Typ (s. Käufersegment 1)

[1] Vgl. Baumarkt der Zukunft, BBE- Unternehmensberatung, 01/2001



- Ist sicherheitsorientiert, jedoch spielen Leistungskriterien beim Kauf ebenfalls eine große Rolle
- Neigt häufiger zu ungeplanten Käufen – d.h. bei dieser Käufergruppe spielt emotionale Ansprache und eine gute Atmosphäre am Point-of-Sale eine große Rolle
- Ist stärker anfällig für Preisaktionen
- Sicherheitskennzeichnungen sind stärker bekannt, finden aber weniger Beachtung
- Präferiert das Beratungsgespräch, informiert sich jedoch auch über andere Medien

Käufersegment 3: Profi-Anwender (Abb.5)

- Setzt Handmaschinen und Heimwerkergeräten ständig und professionell ein
- Setzt Sicherheitsaspekte als selbstverständlich voraus; achtet v.a. auf Leistung und ggf. Innovation
- Neigt weniger zu ungeplanten Käufen
- Informiert sich häufiger im Netz und weniger persönlich
- Einkaufserlebnis etc. eher unwichtig
- Services eher unwichtig; Austausch mit anderen Profis könnte interessant sein

Für diese drei Gruppen gilt es, anhand der vier Elemente des Marketings spezifische Aussagen zu entwickeln. Abb. 6 gibt orientiert an den vier Eckpunkten des klassischen Marketings den Handlungsbedarf bei der Erstellung einer Marketingkampagne orientiert an den Käufersegmenten „Instandsetzer", „Hobby-Heimwerker" und „Profi-Anwender" wieder.

Aus jetziger Sicht sollten zukünftige Untersuchungen gemeinsam mit Handel und Industrie die hier aufgeführten Profile der Käufersegmente hinsichtlich der käuferspezifischen Marketingaussagen weiter schärfen.

Fazit

Das Motto „Geiz ist Geil" gilt häufig nur bei Spontankäufern. Kunden, die den Kauf von Heimwerkermaschinen und –geräten gezielt planen, handeln nicht nach diesem Motto. Für diese Kundengruppe haben „Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit" neben der „Leistungsfähigkeit" des Produktes einen höheren kaufentscheidenden Stellenwert als der Preis.

Zukünftige Marketingkampagnen sollten sich stärker mit dem Aspekt „Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit" beschäftigen. Da gerade ältere Verbraucher beim Kauf von Heimwerkermaschinen (Bohrmaschine, Stichsäge, etc.) und Heimwerkergeräten (Klebepistole, Lötkolben etc.) dem Sicherheitsaspekt hohe Bedeutung bei der Produktauswahl und Kaufentscheidung zuordnen, sollte diese Produkteigenschaft stärker in die Kundenberatung und die werblichen Aussagen einfließen. Gerade vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung wird man der älteren Käufergruppe mehr Beachtung schenken müssen.

Darüber hinaus scheint es dringend erforderlich, die Kenntnis und Bedeutung von Prüfzeichen auf technischen Produkten im Rahmen einer Aufklärungskampagne zu verbessern.

Christian Averkamp

Literatur

Averkamp, C.; Hadžerić, A.; Halfmann, M.: Ergebnisse zum Käuferverhalten bei Handmaschinen und Heimwerkergeräten-Ansätze eines Marketingkonzeptes, Shaker Verlag, Aachen, 2008, ISBN 978-3-8322-6925-8

Averkamp, Ch.; Hadžerić, A.; Halfmann, M.: Ergebnisse zur Bedeutung von Sicherheit und Umweltverträglichkeit beim Kauf von Heimwerkergeräten Technische Überwachung, Springer-VDI-Verlag, Juni 2008, S.47

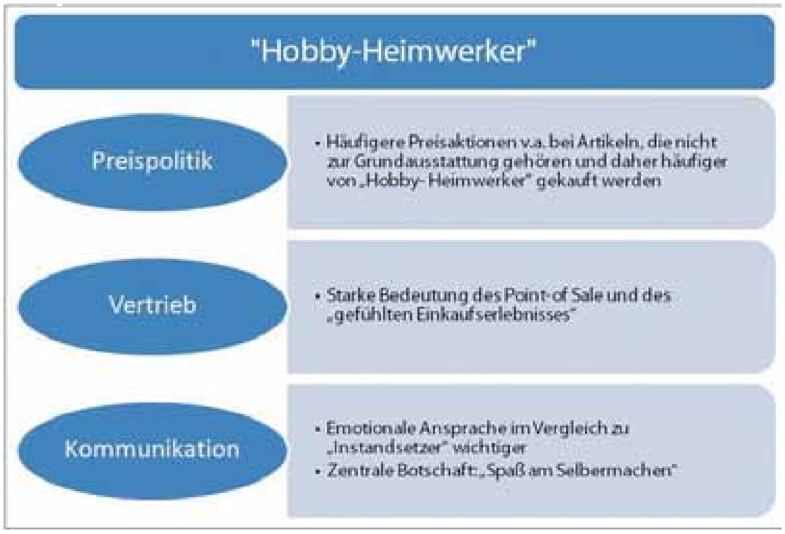


Abb. 4: Marketingkonzept für Käufersegment „Hobby-Heimwerker"



Abb. 5: Marketingkonzept für Käufersegment „Profi-Anwender"

	Produktpolitik	Preispolitik	Vertrieb	Kommunikation
Instandsetzer	•		•	•
Hobby-Heimwerker		•	•	•
Profi-Anwender			•	•
				• Handlungsbedarf

Abb. 6: Schwerpunkte des Marketingkonzeptes

Averkamp, C.; Hadžerić, A.; Halfmann, M.: Sicherheit geht vor Marke - Heimwerker legen Wert auf Sicherheit und gute Beratung, Zeitschrift „Markenartikel", 9/2007, S.137

BBE- Unternehmensberatung: Baumarkt der Zukunft. Trendbericht der BBE- Unternehmensberatung, 2001

Henter, A.: Gerätesicherheit in Heim und Freizeit. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Sonderschrift S 50, Dortmund / Berlin/, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1998

Kotler, P.; Armstrong, G.; Saunders, J.; Wong, V.: Grundlagen des Marketings, 4. überarb. Auflage, Pearson Studium, 2006

Kreileder, M.; Holeczek, M.: Unfallverletzungen in Heim und Freizeit im Jahr 2000. Schriftenreihe dcer Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Sonderschrift S 74, Dortmund / Berlin/ Dresden, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 2002

Lüther, S.: Gesundheitsschutz in Zahlen 2004, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Dortmund / Berlin/ Dresden, 2006

(s.a. URL: www.baua.de/nn_5846/de/Publikationen/Fachbeiträge/GlZ2004,xv=vt.pdf, Stand 01.02.2007)

Meffert, H.: Marketingforschung und Käuferverhalten, 2. überarb. und erw. Auflage, Gabler-Verlag, 1992

Abstract

250.000 Unfälle im haushaltsnahen Bereich gefährden nicht nur die Heimwerker, sie bedeuten auch einen spürbaren volkswirtschaftlichen Schaden. Die betroffenen Heimwerker fühlen sich aufgrund ihrer Verletzungen durchschnittlich 21 Tage beeinträchtigt. Die Unfallzahlen waren Anlass für die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), eine Studie (Forschungsprojekt 2020 „Käuferverhalten und Sicherheitsbewusstsein unterschiedlicher Altersgruppen bei Migrationsprodukten - am Beispiel von Handmaschinen und Heimwerkergeräten") zum Sicherheits- und Umweltbewusstsein bei Heimwerkermaschinen in Auftrag zu geben. Das Forschungsprojekt sollte ergeben, welche Kriterien und Anlässe für die Kaufentscheidung von Handmaschinen und Heimwerkergeräten von Bedeutung sind. Außerdem war der Frage nachzugehen, wie hoch die Risikobereitschaft verschiedener Nutzergruppen ist und welche Verdrängungsmechanismen möglicherweise den Kauf eines Produktes beeinflussen. Die Projektgruppe entwickelte gezielte Marketingmaßnahmen, um das Bewusstsein für Sicherheit, Ergonomie und Umweltverträglichkeit zu stärken.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Christian Averkamp
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Betriebwirtschaftliches Institut Gummersbach
averkamp@freenet.de

Projektbeteiligte

Prof. Dr. Marion Halfmann
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Amina Hadžerić



Aktiv im Alter: Aufbau eines speziellen Angebots für die Zielgruppe „Generation 60+ / Silver Generation" in der Stadtbibliothek Duisburg

Bis zum Jahr 2050 wird die deutsche Bevölkerung von derzeit rund 82 Millionen Menschen auf ca. 69 bis 74 Millionen sinken. Im gleichen Zeitraum wird nach Berechnungen des Statistischen Bundesamtes der Anteil der 65-Jährigen und Älteren auf bis zu 33,2 Prozent ansteigen. 2050 werden Menschen im Alter von 60 Jahren den stärksten Anteil an der Gesamtbevölkerung ausmachen und ihre Zahl doppelt so hoch sein wie die der Neugeborenen. Dabei ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die Gruppe der aktiven, älteren Menschen durch gesündere Ernährung und bewusste Lebensweise erheblich größer sein wird als die Gruppe der pflegebedürftigen älteren Menschen. „In Deutschland gelten nur etwa 7 Prozent der 65- bis 69jährigen als pflegebedürftig und nur 14 Prozent der 85- bis 89jährigen. Erst im neunten Lebensjahrzehnt, das heißt, ab einem Alter von 80 Jahren, steigt die Vulnerabilität älterer Menschen merklich an", heißt es in „Wachstumsmarkt Alter". Vor diesem Hintergrund müssen auch die Öffentlichen Bibliotheken ihr bisheriges Medien- und Dienstleistungsangebot überprüfen und an die sich verändernden Nutzungserwartungen älterer Menschen anpassen.

Im Mai 2007 wurden – in Kooperation mit der Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften an der Fachhochschule (FH) Köln – insgesamt 593 Kunden der Stadtbibliothek aus dem Bezirk Rheinhausen per Telefon und 301 Nichtkunden auf dem Rheinhauser Marktplatz oder in der Fußgängerzone befragt.

	Bürgerbefragung	Kundenbefragung
Geschlecht	42 Prozent m / 57 Prozent w	34 Prozent m / 64 Prozent
Altersdurchschnitt	69,9 Jahre	69,7 Jahre
Höherer Bildungsgrad (mittl. Reife / Abitur)	24,1 Prozent	40 Prozent
Noch berufstätig	9,3 Prozent	5,9 Prozent

Das Durchschnittsalter der Befragten lag in beiden Segmenten bei 69 Jahren. Der Anteil der Frauen (64 Prozent/57 Prozent) lag jeweils über dem der Männer (34 Prozent/42 Prozent). Während bei den Kunden der Bibliothek 40 Prozent mittlere Rifee oder Abitur als höchsten Schulabschluss angaben, hatten bei den Nichtkunden mehr als 70 Prozent einen Hauptschulabschluss. Reisen und Sport sind in beiden Gruppen die bevorzugten Aktivitäten. Die Bibliothekskunden interessieren sich jedoch darüber hinaus auch für Musik, Kunst, Kultur sowie für Computer, Internet, Telekommunikation. Kultur- und Weiterbildungsangebote werden von den Nichtkunden weitaus weniger stark genutzt als von den Bibliothekskunden. Während die Nichtkunden ihre Informationen ausschließlich über die Tageszeitungen, den Rundfunk und das Regionalfernsehen beziehen, erfolgt dies bei den Bibliothekskunden vor allem über die Tageszeitungen und gedruckte Plakate oder Handzettel.

Information über Kulturangebote				
	Bürger		Kunde	
Platz 1	Zeitung	83 Prozent	Zeitung	79 Prozent
Platz 2	Radio	37 Prozent	Plakate	39,5 Prozent
Platz 3	Regional-TV	36,5 Prozent	Radio	26 Prozent

Zusätzliche Gebühr für besondere Angebote akzeptabel

Nur knapp 71 Prozent der Nichtkunden war die Bezirksbibliothek in Rheinhausen überhaupt bekannt, von denen wiederum 11 Prozent nichts über deren Angebot wussten. Als weitere Gründe für die Nichtnutzung wurden unter anderen der Kauf anstelle der Ausleihe von Medien, die Unattraktivität des Angebots, Desinteresse am Lesen oder fehlende Zeit und schlechte Erreichbarkeit genannt. An Wünschen im Hinblick auf das Angebot der Stadtbibliothek äußerten beide Gruppen, wenn auch in unterschiedlicher Stärke: spezielle Computer- und Internetkurse für Senioren, Vortragsreihen etwa zur Heimatkunde und regelmäßige Seniorentreffs wie Literaturgesprächskreis oder Computerclub, die Einrichtung eines Bücherservices für immobile Senioren und einer gemütlichen Schmökerecke in der Bibliothek sowie eine eigene Seniorenhomepage auf der Homepage der Stadtbibliothek. Für besondere Angebote wären 21,2 Prozent der Nichtkunden und sogar 47,6 Prozent der Kunden bereit, eine zusätzliche Gebühr zum Jahresausweis zu zahlen.

Gute Noten für Bibliotheksangestellte

Die Mehrzahl der befragten Kunden sucht die Bezirksbibliothek einmal im Monat (43,39 Prozent) oder vierzehntägig (27,8 Prozent) auf. 93,9 Prozent nutzen die Angebote für Freizeitinteressen und 3,4 Prozent zur Weiterbildung. Bei den persönlichen Interessen liegen die Themen Reisen, Sport, Musik/Kunst/Kultur, Garten/Haustiere an der Spitze, gefolgt von Heimatkunde, Gesundheit/Ernährung/Wellness, Einrichtung/Heimwerken und Computer/Internet. Jeweils 20 Prozent der älteren Kunden wünschen sich eine größere und stärker an ihren Interessen orientierte Auswahl an Sachbüchern und Romanen, während jeweils 3 bis 5 Prozent solche Wünsche im Hinblick auf Nachschlagewerke, DVDs und Zeitschriften äußern. Die Hilfsbereitschaft, Freundlichkeit und Beratungsqualität des Personals erhielten jeweils eine gute Bewertung. Dagegen wurden die Auffindbarkeit und die Aktualität des Bestands nur mit befriedigend benotet. Die Bibliotheksmitarbeiter werden vor allem bei der Suche nach Medien für ihre Interessen, bei Fragen nach der Auffindbarkeit der Medien im OPAC und im Regal oder bei Nachfragen zu den Nutzungsmöglichkeiten in Anspruch genommen.



Die 2007 in der Bezirksbibliothek Rheinhausen neu eingeführte Selbstverbuchung mittels RFID wurde von 40,7 Prozent der Befragten positiv bewertet, wobei weitere 14,8 Prozent die neue Technologie mit persönlicher Unterstützung zu nutzen bereit sind und nur 4,8 Prozent sie völlig abgelehnt. Jeweils 15 Prozent der älteren Kunden besuchen zwar gerne Ausstellungen und Konzerte, die in der Galerie der Bezirksbibliothek Rheinhausen regelmäßig angeboten werden. Doch die überwiegende Mehrzahl nutzt nur den Bestand und besucht keine Veranstaltungen, weil diese in der Regel am Abend stattfinden.

Umsetzung der Befragungsergebnisse

Wie hat die Stadtbibliothek Duisburg diese Ergebnisse der Kunden-/Nichtkundenbefragung in der Bezirksbibliothek Rheinhausen umgesetzt? Da es problematisch ist, die Zielgruppe „60 plus" direkt zu identifizieren und damit auch zu stigmatisieren, war es wichtig, eine indirekte Ansprache über deren Interessen zu wählen, wobei diese Auswahl die jüngeren Kunden nicht von den Angeboten ausschließen soll, und umgekehrt die älteren Kunden selbstverständlich auch andere Bereiche nutzen sollen. Innerhalb des Bestands, der insgesamt mehr als 48.000 Medien umfasst, wurden vier große Themenbereiche eingerichtet, die durch ein gemeinsames Logo „60 +" verbunden sind:

- Gesundheit: Ernährung, Entspannung, körperliche Fitness, Medizin, geistige Fitness;
- Lebensorientierung: Älter werden, Familie, Partnerschaft, Wohnen, Krisenbewältigung, Zeitmanagement;
- Bildung und Kultur: Mobilität, Reisen, Literatur, Musik, Kunst;
- Verbraucherfragen: Rente, Geldanlage, Versicherungen, Erben, Patientenrecht.

Zu den einzelnen Themen werden Bücher und Zeitschriften, CDs, CD-ROMs, DVDs und das Internet mit einer speziellen Linksammlung angeboten. Ergänzt wird der Bereich durch ein umfangreiches Broschürenangebot sowie Informationsmaterial örtlicher Vereine, Gruppen und Initiativen.

Fazit

Um die Aufenthaltsqualität zu steigern, wurde die Bezirksbibliothek Rheinhausen, die sich in einem zweigeschossigen Gebäude aus den 1970er Jahren befindet, grundlegend renoviert und neu eingerichtet. Die Medien werden ebenerdig in neuen, hellen Regalen präsentiert und sind mit einer visuell ansprechenden Beschriftung versehen worden. Es gibt einen Bereich mit Hörbüchern und CDs, der nicht nur ein reichhaltiges Titelangebot umfasst, sondern auch das Hören vor Ort ermöglicht. Individuelle, farbenfrohe Sitzmöbel laden zum Verweilen und Schmökern in der neu möblierten Lesezone mit einer großen Auswahl an Tageszeitungen und Zeitschriften ein. An mehreren Orten sind Internetarbeitsplätze eingerichtet. Persönliche Infoschalter befinden sich in allen Räumlichkeiten, darunter auch in der Nähe der Selbstverbuchungsgeräte. Zielgruppenspezifische Veranstaltungsprogramme ergänzen das Medienangebot. Die Stadtbibliothek arbeitet an einem Marketingkonzept, um die älteren Menschen verstärkt auf die Bezirksbibliothek und die neuen Angebote aufmerksam zu machen. Die im Rahmen des Modellprojekts gewonnenen Erfahrungen werden auf die Zentralbibliothek und zwölf weitere Zweigstellen übertragen.

Simone Fühles-Ubach

Abstract

2050 werden Menschen im Alter von 60 Jahren den stärksten Anteil an der Gesamtbevölkerung ausmachen. Ihre Zahl wird doppelt so hoch sein wie die der Neugeborenen. Vor diesem Hintergrund müssen auch die Öffentlichen Bibliotheken ihr bisheriges Medien- und Dienstleistungsangebot überprüfen und an die sich verändernden Nutzungserwartungen älterer Menschen anpassen. Deshalb wurden im Frühjahr 2007 insgesamt 593 Kunden der Stadtbibliothek aus dem Bezirk Rheinhausen zu ihren Interessen und Lesegewohnheiten befragt. Dabei ergab sich: Reisen und Sport sind die bevorzugten Aktivitäten. Die Bibliothekskunden interessieren sich jedoch auch für Musik, Kunst, Kultur sowie für Computer, Internet, Telekommunikation.

Projektleitung

Prof. Dr. Simone Fühles-Ubach
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
simone.fuehles-ubach@fh-koeln.de

Projekt „Fit für die Zukunft? – Mach Dich schlau!" für die Stadtbibliothek Gütersloh 2007-2008

Von August 2007 bis Juni 2008 wurde das Projekt „Fit für die Zukunft? – Mach Dich schlau!" der Stadtbibliothek Gütersloh in Kooperation mit den Hauptschulen Nord und Ost in Gütersloh durchgeführt. Eine Gruppe aus Mitarbeitern der Stadtbibliothek, der Stadtverwaltung und verschiedener Jugendzentren sowie einigen Lehrern beider Schulen steuerte das Projekt. Die Fachhochschule (FH) Köln wurde mit der wissenschaftlichen Begleitforschung betraut. Ziel des Gesamtprojektes war es, bei den Schülerinnen und Schülern der Hauptschulen in Gütersloh das Interesse am Lesen und an der Mediennutzung in den Schulbibliotheken zu analysieren, zu wecken und zu stärken.

Die wissenschaftliche Begleitforschung der Fachhochschule Köln stand unter der Prämisse, durch konkrete Fragestellungen die Wirksamkeit der Projektarbeit zu messen. Die Wirkung der einjährigen Projektarbeit sollte durch integrierte Befragungszyklen die Effekte der Bibliotheksmaßnahmen verifizieren. Dies beinhaltete auch die Feststellung von ausbleibenden Effekten und die Gründe für den jeweiligen Projektverlauf.

Die Grundlage des Konzeptes stellte eine stark differenzierende Studie dar, mit deren Hilfe die Wirkung der Maßnahmen gemessen werden sollte. Die gemessenen Effekte der einzelnen Aktionen dienten vor allem einer langfristigen, strategischen Zielsetzung. Denn eine differenzierte Aufstellung von Ursache und Wirkung könnte die Grundlage einer effektiven Zusammenarbeit von Schule und Bibliothek zur Verbesserung der Lese- und Medienkompetenz der Schüler bedeuten. Erfolgreiche Einzelmaßnahmen könnten dann in die bibliothekarische Arbeit integriert und langfristige Effekte erzielt werden.

Im Verlauf des Projektes wurden insgesamt drei Befragungen durchgeführt.
Schülerbefragung aller Schüler der beteiligten Schulen (17.09-20.10.2007)
Lehrerbefragung an beiden Schulen (05.02-22.02.2008, 16.05.-22.05.2008)
Schülerbefragung der Teilnehmer an Bibliotheksveranstaltungen (19.05. - 10.06.2008)

Medienverhalten bei Schüler/innen

Die erste Schülerbefragung diente dazu, den status quo des Medienverhaltens aller Schüler zu ermitteln, um eine Ausgangsbasis für die Veranstaltungen und Maßnahmen feststellen zu können. Sie wurde in beiden Schulen online durchgeführt und erzielte insgesamt 675 auswertbare Fragebögen aus der Grundgesamtheit der beiden Schulen. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Dichte aller Medien in den Haushalten, allerdings mit deutlichem Rückgang bei Regionalzeitungen und Zeitschriften. Fernseher und Computer belegen Spitzenplätze – mit einer Präsenz von mehr als 90 Prozent in den Haushalten. Bücher liegen mit 82 Prozent auf Platz 4 der Rangfolge von insgesamt 9 zu Hause vorhandenen Medienarten. Allerdings werden die Printmedien von den Schülern eher mittelmäßig und deutlich schlechter eingestuft als die digitalen Medien. Während die digitalen Medien mit Schulnoten im Bereich „sehr gut" bewertet werden, wird kein Printmedium besser als „befriedigend" beurteilt. Im Bereich der tatsächlichen Nutzung dominieren Fernseher, Computer und Internet. Bücher liegen nach Spielkonsolen nur im unteren Mittelfeld. Mädchen zeigen dabei ein ausgeprägteres Leseverhalten als Jungen. Sie bewerten Bücher und Zeitschriften signifikant besser, aber Spielkonsolen schlechter als Jungen. 60 Prozent der Schüler gaben an, in der Freizeit gar nicht oder nur manchmal, beispielsweise weniger als einmal pro Monat, zu lesen. Für schulische Zwecke liegt der Wert bei 48 Prozent. Damit spielen Bücher nur eine sehr untergeordnete Rolle für die Schüler. Dieser Trend verstärkt sich mit zunehmendem Alter. Mit 85 Prozent haben fast alle Schüler allerdings die Schulbibliothek schon einmal besucht, etwa die Hälfte für schulische Zwecke, 30 Prozent gaben an, die Schulbibliothek auch zur Freizeitgestaltung zu nutzen.

Die Schulbibliothek wird von den Schülern akzeptiert, denn ihre Existenz wird von 76 Prozent als mindestens gut bezeichnet; 40 Prozent finden sie sogar sehr gut. Fast zwei Drittel aller Schüler nutzen darüber hinaus die Stadtbibliothek als Ort der Erledigung von Hausaufgaben. Die Institution Schulbibliothek ist also generell bei den Schülern geschätzt und übernimmt als Ort der Hausaufgabenerledigung eine wichtige Funktion im schulischen Umfeld einer Vielzahl von Schülern.

Lehrerbefragung

Die Lehrerbefragung wurde anberaumt, nachdem zwei weitere geplante Schülerbefragungen im Laufe des Schuljahres als organisatorisch zu aufwändig abgelehnt wurden. Ihre Intention war es, die generelle Einschätzung und Wahrnehmung von Bibliotheken sowohl im beruflichen als auch im privaten Kontext der Lehrer zu erfassen. Von insgesamt 75 Lehrern nahmen 54 an der Befragung teil. Dies entspricht einer Quote von 72 Prozent. Knapp 40 Prozent (38,8Prozent) der Teilnehmer gab an, als Lehrer überwiegend im Hauptfach Deutsch tätig zu sein. Der Mehrzahl der Lehrer waren die Schulbibliothek (60 Prozent) und auch die Dienstleistungen einer anderen Bibliothek (31 Prozent) bekannt. Sie besuchen die Schulbibliothek zum größten Teil gemeinsam mit den Schülern im Unterricht (46 Prozent), bei Veranstaltungen mit Schülern (27 Prozent) oder für die Vorbereitung des Unterrichtes (27 Prozent). In der Praxis spielen die Schulbibliotheken im Rahmen der Hausaufgabenstellung durch die Lehrer kaum eine Rolle (16 Prozent). Klar wurde, dass die Lehrer die Bibliothek als einen wichtigen Ort zur Vermittlung von Informationskompetenz („Wie recherchiere ich was?") wahrnehmen und als Einrichtung, die in erster Linie für die Schüler da ist. Beide Aussagen wurden im Mittelwert mit der Schulnote 1,4, „sehr gut" oder hier „sehr wichtig" bewertet.

Die eigene Perspektive auf die Schulbibliotheken ist geprägt durch mangelnde Zeit und schwierige Integration in den eigenen Unterricht. Bibliotheksbesuche werden zwar als grundsätzlich wichtig angesehen, in der alltäglichen praktischen Umsetzung jedoch wenig genutzt. Dies spiegeln die Zahlen zur grundsätzlichen Einschätzung / Wichtigkeit der Bibliothek im Gegensatz zur Angebotsnutzung der Bibliotheksdienstleistungen im Projekt wieder. Bezüglich der Fächer wird eine hohe Wirkung in Deutsch und in den Nebenfächern wie etwa Geographie oder Geschichte vermutet, die nach einer mittelfristigen Zeitspanne einsetzt. Prinzipiell sind zwei Drittel der Befragten grundsätzlich an einer Zusammenarbeit interes-



siert. Diese wird wiederum am ehesten bei der Unterstützung von gemeinsamen Projekten und der Vermittlung von Recherche-, Informations- und Lesekompetenz erwartet (jeweils 59 Prozent).

Abschließende Schülerbefragung

In der abschließenden Schülerbefragung wurden alle die Schüler befragt, die im Laufe des Schuljahres an einer Bibliotheksveranstaltung teilgenommen haben. Damit wurden noch einmal 26 Prozent der Teilnehmer (176 Schüler) der ersten Schülerbefragung erneut befragt. Dabei stellte sich heraus, dass die Akzeptanz und das Interesse an Veranstaltungen mit zunehmendem Alter der Schüler abnahm. Als Ergebnis der Veranstaltungen gaben 81 Prozent der Schüler an, nun zu wissen, wen sie bei konkreten Fragen ansprechen können. Knapp zwei Drittel der Befragten äußerten darüber hinaus, dass sie jetzt wissen „wie ich dort etwas finden kann" (63 Prozent) und „was die dort haben" (61 Prozent). Von allen befragten Teilnehmern wollten 44 Prozent gerne wieder eine Veranstaltung der Bibliothek besuchen. Diese zunächst gering anmutende Zahl wurde von den Lehrern als guter Wert bezeichnet, da viele Schüler dem Schulbesuch insgesamt kritisch gegenüber stehen. Generell denken sogar ca. 65 Prozent der Schüler, dass die Bibliothek ihnen für die Schule helfen kann. Besonders positiv eingeschätzt wird die Bibliothek als Ort des Lernens (75 Prozent), als Anlaufstellte und Aufenthaltsort für die Erledigung der Hausaufgaben (71 Prozent) sowie für Klassenarbeiten und Referate (61 Prozent). Im Gegensatz zur Einschätzung der Lehrer sehen die Schüler eine Wirkung der Bibliotheksarbeit am ehesten in den Nebenfächern wie Erdkunde und Geschichte und erst danach im Bereich der Sprachen (Deutsch). Die Bewertung von Schullektüre erfolgt überaus positiv und auch das Lesen in der Freizeit wird als gut für die Schule empfunden. Für die Schüler lässt sich damit ein ähnliches Phänomen wie für die Lehrer konstatieren: Das grundsätzliche Denken über die Arbeit mit und in der Schulbibliothek ist sehr positiv, die konkrete Umsetzung in Form von Besuchen und Veranstaltungsteilnahme spiegelt dies jedoch nicht wider.

Fazit

Hinsichtlich der zukünftigen Gestaltung der Angebote (Inhalte / Unterrichtsintegration) müssen die Bibliotheksveranstaltungen und der Bedarf der Lehrer und Schüler besser aufeinander abgestimmt werden müssen. Da die bisher von den Bibliotheksmitarbeitern angebotene, breite Palette im Projekt nicht ausreichend wahrgenommen wurde, wurde vorgeschlagen, zunächst individuelle Anforderungen und Vorstellungen mit einzelnen Lehrern und Klassenstufen zu realisieren. Dabei muss insbesondere auch die Kommunikation der Lehrer mit den Mitarbeitern der Schulbibliotheken verbessert werden, um auf die konkreten Bedürfnisse eingehen zu können und eine tatsächliche, sinnvolle Integration der Bibliotheksarbeit in den Unterricht stattfinden kann.

Abschließend wurde konstatiert, dass das Image der Schulbibliotheken über alle beteiligten Gruppen sehr positiv wahrgenommen wird und das Engagement, wenn auch mit korrigierter Ausrichtung, zukünftig weitergeführt werden sollte. Insbesondere der schulische Zeitrahmen und das Gesamtengagement für eine kontinuierliche Schulbibliotheksarbeit sollte weiter verbessert werden, da die Lehrer als zentral mitgestaltende Personen, diese Zeit neben Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts aufbringen müssen, was im Schulalltag manchmal nur schwer umsetzbar ist. Zusätzlich erschwert wird dies durch die Tatsache, dass auf bibliothekarischer Seite nur an zwei Tagen eine Fachkraft vor Ort ist, so dass die Zeit zur Abstimmung auch recht begrenzt ist.

Simone Fühles-Ubach

Abstract

Bei diesem Forschungsprojekt handelt es sich um die wissenschaftliche Begleituntersuchung zu einem Landesprojekt der Stadtbibliothek Gütersloh mit den beiden ortsansässigen Hauptschulen. Ziel des Gesamtprojektes war es, den Schülerinnen und Schülern das Interesse am Lesen und an der Mediennutzung in den Schulbibliotheken zu wecken. Im Laufe eines Jahres wurden zum Zweck der Wirkungsmessung drei Befragungen an beiden beteiligten Hauptschulen bei Schülern und Lehrern durchgeführt. Dabei ergab sich folgendes Bild: Das Image der Bibliotheken ist gut, in der konkreten Nutzung spiegelt sich das jedoch nicht wider.

Projektleitung

Prof. Dr. Simone Fühles-Ubach
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
simone.fuehles-ubach@fh-koeln.de

Zielgruppenuntersuchung Menschen mit Migrationshintergrund: Analyse für die Stadtbibliothek Herne, 2008

Zielsetzung war es, eine allgemeine Kundenbefragung der verschiedenen Standorte, Zweigstellen und der Juniorfahrbibliothek der Stadtbibliothek Herne durchzuführen, um sich ein genaues Bild von der Kundenstruktur und deren Dienstleistungsnutzung machen zu können, mit einem besonderen Fokus auf die Zielgruppe „Migranten und Migrantinnen". Im Sommersemester 2008 wurde gemeinsam von der Stadtbibliothek Herne und dem Integrationsrat der Stadt das Projekt „Kundenbefragung unter besonderer Berücksichtigung von Menschen mit Migrationshintergrund" durchgeführt.

Im April wurden 906 Bibliothekskunden entweder direkt vor Ort im Interview oder online über die Internetseite der Stadtbibliothek Herne (www.stadtbibliothek.herne.de) befragt. Darüber hinaus wurden für 168 Kunden der Juniorfahrbibliothek – überwiegend Grundschulkinder – die Gewohnheiten und Ansichten zur Fahrbibliothek erfasst und analysiert.

Befragte mit Migrationshintergrund

Durch eine weit gefasste Definition des Begriffs „Migrationshintergrund", die sich aus einer Fragenkombination von erster und zweiter Staatsbürgerschaft sowie dem Geburtsland zusammensetzte, wurde die Gruppe der Menschen mit Migrationshintergrund ermittelt. In der Befragung der Stadtbibliothek wurde auf diese Weise eine Quote von 20,5 Prozent für die Menschen mit Migrationshintergrund innerhalb der Gesamtkunden festgestellt. Für die Juniorfahrbibliothek liegen die Werte mit 25 Prozent sogar noch deutlich höher.

Unterschiede gibt es bereits bei der Altersstruktur. Das Durchschnittsalter der Bibliothekskunden ohne Migrationshintergrund liegt bei 42,3 Jahren, für die Personen mit Migrationshintergrund liegt er mehr als 15 Jahre niedriger bei 27,2 Jahren.
Die größte Gruppe der Bibliothekskunden machen die Berufstätigen mit fast 40 Prozent aus. Hierbei gibt es allerdings ein starkes Ungleichgewicht zwischen den Personen mit und ohne Migrationshintergrund. 90 Prozent der berufstätigen Kunden haben keinen Migrationshintergrund. Nur 10 Prozent der Berufstätigen kommen aus der Gruppe der Migranten und Migrantinnen. Eine ähnliche Verteilung zeigt sich bei den Rentnern. Ein deutlich anderes Bild zeigt die Gruppe der Schüler. Hier sind die Schüler mit Migrationshintergrund mit 43,4 Prozent überproportional stark vertreten. Das zeigt, welch wichtigen Stellenwert die Bibliothek für die jungen Migranten und Migrantinnen im Bereich der Bildung hat. Schüler mit Migrationshintergrund sind also deutlich häufiger Bibliotheksnutzer als Schüler ohne Migrationshintergrund.

Eine weitere Untersuchung der Schülergruppe zeigt folgende statische Auffälligkeiten. Es gibt sehr signifikante Unterschiede (1 Prozent-Niveau) zwischen den Gruppen

- beim Lernen und Arbeiten in der Bibliothek
- bei der Erledigung von Hausaufgaben und Prüfungen
- beim Treffen mit Freunden und Bekannten
- stärkere Nutzung der Bibliothek von der Gruppe der Personen mit Migrationshintergrund in diesem Bereich
- keine signifikanten Unterschiede darüber hinaus (5 Prozent-Niveau)
- beim Ausleihen von Büchern
- bei der Nutzung der PC-Arbeitsplätze
- bei der Nutzung des auswärtigen Leihverkehrs (wird weniger genutzt)

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass insbesondere die Schüler mit Migrationshintergrund die Bibliothek als Ort des Lernens und Arbeitens als auch als Kommunikationsraum nutzen.

Doppelfunktion von öffentlichen Bibliotheken

Der Nutzungszweck der Medien liegt in beiden Gruppen zwischen Freizeit und Unterhaltungsaspekten einerseits und Aus- und Fortbildungsaspekten andererseits. Hier zeigt sich auch für die Stadtbibliothek Herne die klassische Doppelfunktion einer öffentlichen Bibliothek als Institution sowohl im Kultur- als auch im Bildungsbereich.

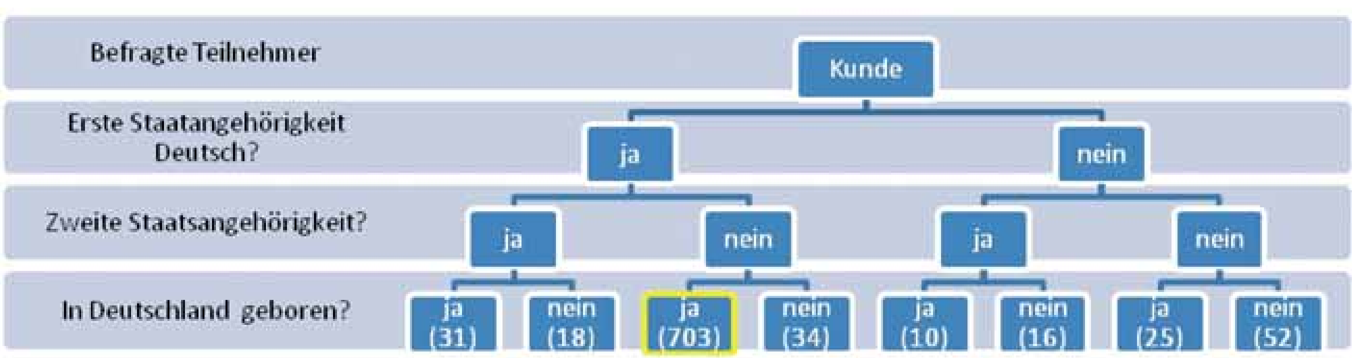


Abb. 1: Befragungsteilnehmer nach Herkunft



Der Medienkonsum unterscheidet sich nur in einzelnen Aspekten. Personen mit Migrationshintergrund leihen mehr DVDs, Sprachlehrgänge, fremdsprachige Medien und Kinderbücher aus als die Gruppe ohne Migrationshintergrund. Dabei sind die beliebtesten Sprachen für fremdsprachige Medien neben den klassischen Schulsprachen Englisch und Französisch, Türkisch und Spanisch.
Die Beurteilung des Angebotes und der Dienstleistungen rund um die Bibliothek und das Personal werden in allen Punkten gut bewertet. Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit des Personals sowie die Professionalität bei der Informationsbeschaffung werden mit Durchschnittsnoten von 1,5 und 1.6 hervorragend beurteilt.

Juniorfahrbibliothek

Die Befragung der Juniorfahrbibliothek bestätigt die Ergebnisse der Kundenbefragung in allen Aspekten. Die Besonderheit dieser Befragung war, dass es sich bei mehr als 80 Prozent der Befragten um Grundschulkinder zwischen 8 und 11 Jahren handelte, die den studentischen Interviewern erläuterten, warum und wie sie die Fahrbibliothek nutzen. Knapp 70 Prozent der Kinder gaben an, häufig oder sogar regelmäßig einmal pro Woche die Juniorfahrbibliothek zu nutzen. Für 10 Prozent der Kinder war es der erste Besuch. Dies verdeutlicht, wie neugierig die Kinder auf die Angebote und Medien sind. Die Kinder mit Migrationshintergrund zählen dabei überproportional oft zu den häufigen (33 Prozent) und regelmäßigen (35,2 Prozent) Kunden. Die wichtigste Dienstleistung für die Kinder ist das Ausleihen von Büchern, Zeitschriften, CDs und anderen Dingen (76,8 Prozent). An zweiter Stelle steht das Schmökern und Lesen, das noch von 60 Prozent der Kinder genannt wird.
Die befragten Betreuer und Lehrer nannten als wichtigste Gründe für die Nutzung der Fahrbibliothek

- die Vermittlung von Lesespaß
- die Unterstützung des Lernens in der Schule sowie
- die Verbesserung der Sprachkenntnisse (gleichauf mit Wissensvermittlung)

Auch hier wird die Doppelfunktion von Bildung und Freizeit betont, die besonders von Kindern mit Migrationshintergrund genutzt wird, wie die Kundendaten zeigen. Die Kinder fühlen sich insgesamt sehr wohl, denn die Beurteilung von Angebot und Personal erfolgt durch die Kinder und Betreuer ebenso positiv wie durch die Gesamtheit der Bibliothekskunden mit guten Noten zwischen 1,5 -2,1.

Simone Fühles-Ubach, Ragna Seidler-de Alwis

Abstract

Ziel des Projektes war es, sich ein genaues Bild von der Kundenstruktur der Stadtbibliothek Herne und deren Dienstleistungsnutzung machen zu können. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Zielgruppe „Migranten und Migrantinnen" als Bibliothekskunden. Dazu wurden im April vergangenen Jahres 906 Bibliothekskunden befragt. Darüber hinaus wurden für 168 Kunden der Juniorfahrbibliothek – überwiegend Grundschulkinder – die Gewohnheiten und Ansichten zur Fahrbibliothek erfasst und analysiert. In beiden Fällen wurde die Doppelfunktion von öffentlichen Bibliotheken deutlich – die Kombination von Bildung und Freizeit betont, die besonders von Kindern mit Migrationshintergrund genutzt wird. Es stellte sich weiter heraus, dass Personen mit Migrationshintergrund mehr DVDs, Sprachlehrgänge, fremdsprachige Medien und Kinderbücher ausleihen als die Gruppe ohne Migrationshintergrund.

Projektleitung

Prof. Dr. Simone Fühles-Ubach
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
simone.fuehles-ubach@fh-koeln.de

Prof. Ragna Seidler-de Alwis, MBA
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
Ragna.seidler@fh-koeln.de

Webpräsenzen von Energieversorgern: Erfolgsfaktoren für den wirkungsvollen Online-Auftritt

Aktuelle Lage des Gesamtmarktes Stromversorgung

Die Liberalisierung des Marktes und eine erhöhte Sensibilisierung der Kunden für das Thema Energie und Versorgerwahl haben Auswirkungen auf Kundenverhalten und Anbietertreue. Während die Wechselraten zu Beginn der Deregulierung zunächst langsam stiegen, ist seit 2006 eine steigende Tendenz zu verzeichnen, die nach den Erwartungen des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft weiter anhalten wird (vgl. Abb. 1).

Durch den wachsenden Wettbewerbsdruck ist es für Energieversorger notwendiger denn je geworden, die eigenen Marketing-Aktivitäten zu optimieren und aktiver als früher auf Kunden zuzugehen. Branchenvergleiche zeigen in diesem Zusammenhang deutliche Handlungsbedarfe: Laut Ergebnissen der seit 1992 erscheinenden Langzeitstudie „Kundenmonitor Deutschland" der ServiceBarometer AG in München bilden die energieversorgenden Unternehmen bei rund 20.000 befragten Verbraucherinnen und Verbrauchern das Schlusslicht in Sachen Servicequalität von 21 Branchen - noch hinter den Finanzämtern. Damit haben die Versorger nach den Ergebnissen der aktuellen Befragung von 2007 ihr Zehn-Jahres-Tief erreicht.
Eine Möglichkeit, die Kundenzufriedenheit zu steigern, bildet ein attraktiver und gut strukturierter Online-Auftritt. Dies gilt umso mehr, da aktuell bereits fast 60 Prozent aller Internetnutzer Waren und Services über das Internet beziehen (vgl. Abb. 2) – Tendenz steigend.

Aber nicht nur als Beschaffungs-, sondern auch als Informationsquelle wird das World Wide Web (WWW) mit steigender Relevanz genutzt. Fast ein Drittel der deutschen Bevölkerung sieht nach Ergebnissen der Allensbacher Computer- und Technik Analyse das Internet als unverzichtbaren Informationslieferanten – knapp 50 Prozent mehr als noch fünf Jahre zuvor (vgl. Abb. 3). Diese Internetnutzer sind potentiell bereit, Verträge online abzuschließen – die Qualität der eigenen Webpräsenz wird damit für Unternehmen zum entscheidenden Faktor für den Markterfolg.

Einige Anzeichen sprechen dafür, dass der Online-Auftritt gerade für Energieversorger eine besonders exponierte Rolle spielen wird:

- Aufgrund der branchenspezifisch geringen Kontakthäufigkeit zwischen Kunde und Versorger ist es besonders entscheidend, die wenigen Kontaktanlässe positiv und vom Ablauf her nach individuellem Gusto auszugestalten. Hier kommen die Vorteile der Online-Präsenz zum Tragen, denn im Rahmen des Webauftritts bestehen sehr viel differenziertere Möglichkeiten der Kundenansprache (z.B. durch den Einsatz von Videomaterial) sowie bessere Optionen der kundenindividuellen Gestaltung des Kontaktvorgangs als durch klassische Formen der Kontaktaufnahme über Call Center etc.
- Energieversorgung gilt als typisches „Commodity" – ein Low-Interest Produkt mit hoher Austauschbarkeit für den Kunden –, das aus Kundensicht möglichst effizient und mit geringem Aufwand beschafft werden soll. Auch in diesem Punkt besteht eine hohe Passung mit den Besonderheiten des Internet, denn über kaum ein Medium bestehen so gute Möglichkeiten einer raschen und effizienten Begleitung des Akquise- und Betreuungsprozesses wie durch Einsatz des WWW.
- Im Zuge der Liberalisierung haben viele Versorger bereits zahlreiche Programme zur Verbesserung von Effizienz und Marktperformance durchgeführt, so dass im klassischen Offline-Vertrieb viele Optimierungspotenziale schon erfolgreich ausgeschöpft werden. Allein in der Online-Kundenansprache bestehen vielfach noch neue Möglichkeiten, die – anders als in netzaffineren Branchen (z.B. Telekommunikation) – noch völlig ungenutzt sind.

Methodik zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Online-Präsenzen

Wenngleich über die Priorität eines gekonnten Webauftritts aktuell kaum noch Kontroversen bestehen, so gehen doch spätestens bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Internetpräsenz die Meinungen stark auseinander. Objektive und nachvollziehbare Beurteilungskriterien fehlten bislang, so dass die Einschätzung des Online-Auftritts häufig reine Geschmacksache zu sein schien. Diese Erkenntnis bildete die Grundüberlegung der durch die Fachhochschule Köln in Kooperation mit der Unternehmensberatung SMP AG (Düsseldorf) zwischen November 2007 und Februar 2008 durchgeführten Studie, die sich den intersubjektiv nachvollziehbaren Vergleich der Online-Auftritte der größten deutschen Versorger zum Ziel gesetzt hatte. In Abgrenzung

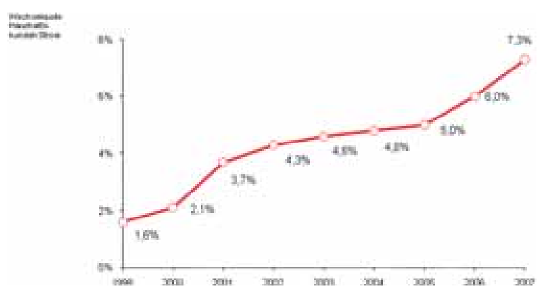


Abb. 1: Wechselquoten Endverbraucher Strom, Quelle: VDEW (2008), S. 1

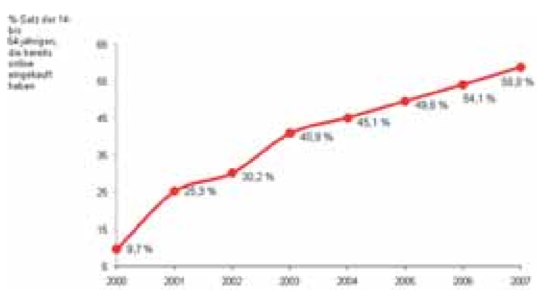


Abb. 2: Verbreitung von e-Commerce, Quelle: Allensbacher Computer- und Technik Analyse (2007)

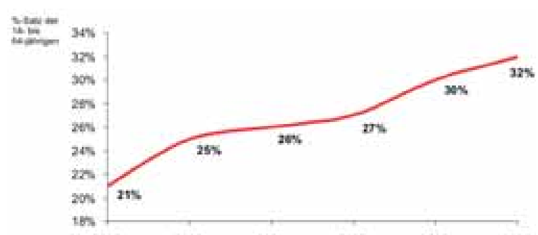


Abb. 3: Relevanz des Internets als Quelle für Informationen, Quelle: Allensbacher Computer- und Technik Analyse (2007)



zu vergleichbaren Untersuchungen fanden dabei vor allem folgende methodische Besonderheiten Berücksichtigung:

- Dreh- und Angelpunkt einer vergleichenden Untersuchung bildet das zugrunde liegende Kriterienraster, das daher besonders sorgfältig zu definieren ist. Bei der Beurteilung wurden daher so weit wie möglich wenig operationale Kriterien (wie z.B. Angebotsqualität) zugunsten höherer Objektivität in unmittelbar nachprüfbare, „harte" Beurteilungsmaßstäbe übersetzt (z.B. Vollständigkeit der auf der Website dargestellten Angebote).
- Die genutzten Kriterien sollten darüber hinaus möglichst überschneidungsfrei sein sowie Erkenntnisse aus einschlägigen Fachgebieten (Marketing, Informatik) mit einbeziehen – eine mehr oder weniger zufällige Zusammenstellung wichtiger Aspekte kann allein nicht als ausreichend angesehen werden.
- Die Begutachtung der Webauftritte soll durch unabhängige Experten der Hochschule erfolgen und in späteren Untersuchungswellen ggf. noch um Kunden- und Unternehmensbefragungen ergänzt werden. Dieser Weg wurde gewählt, weil gerade im Online- und Telekommunikationsbereich Kundenmeinungen spätestens bei der Frage nach neuen, zukunftsweisenden Ansprachemöglichkeiten häufig an ihre Grenzen stoßen – welcher Kunde kennt schon die Möglichkeiten, die die neuen Technologien theoretisch bieten könnten? Untersuchungen, die hingegen allein auf der Meinung der betroffenen Unternehmen aufbauen, sind aufgrund der klaren Subjektivität der Befragten als eingeschränkt aussagekräftig zu bewerten, so dass eine Studie auf Basis unabhängiger Expertenaussagen am Erfolg versprechendsten erscheint.
- Das zugrunde liegende Beurteilungsraster ist für alle betrachteten Energieversorger gleich, jedoch wurde je nach Versorgertyp (Verbundunternehmen/Regionalversorger, Stadtwerke, Discounter) eine unterschiedliche Gewichtung der Kriterien vorgenommen. Während bei anderen Studien zur Servicequalität im Energiebereich die Versorger meist unabhängig von ihrer strategischen Ausrichtung „in einen Topf" geworfen wurden, kann dabei berücksichtigt werden, dass beispielsweise die Websites von Discountern im Vergleich höhere Abschluss- und Wechselanreize bei geringerem Anspruch an die Breite der angebotenen Services bieten sollten. Insgesamt werden so wesentlich differenziertere Betrachtungen möglich.

Bewertungskriterien und Gewichtung

Als Basis der Beurteilung dient das in der einschlägigen Fachdiskussion bekannte „6C-Modell" von Bauer und Hammerschmidt. Diese kundenbindungsorientierte Methodik unterscheidet sechs konkret messbare Leistungselemente eines Online-Auftritts: Content, Communication, Commerce, Challenge, Customer Care und Configuration, die angewendet auf den konkreten Kontext der Online-Portale von Energieversorgern frei übersetzt als Angebotstransparenz, Abschlussmöglichkeit, Gestaltung/Design, Service, Interaktivität und Attraktivität der Add-Ons verstanden werden können. Ergänzt wurden die 6 C um das Kriterium „Usability", mit dem die Gebrauchstauglichkeit der Webseite im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion beurteilt wird. Ziel ist eine ideale Strukturierung von Inhalten zur effizienten Nutzung von Informationen und Technologien (vgl. Abb. 4).

Wie erwähnt, wurden die einzelnen Kriterien für die Gruppen der Verbundunternehmen/Regionalversorger, Stadtwerke und Discounter unterschiedlich gewichtet (vgl. Abb. 5), wobei nach folgenden Prämissen vorgegangen wurde:

- Generell hohe Anforderungen sind an **Verbundunternehmen** und **Regionalversorger** zu stellen. Allein aufgrund des höheren Budgets, das den Online-Aktivitäten zugrunde liegt, ist davon auszugehen, dass der Webauftritt im Hinblick auf die Interaktivität und die Attraktivität von Add-Ons hohen Ansprüchen genügen sollte. Verbundunternehmen/Regionalversorger zeichnen sich außerdem durch eine hohe Angebotsbreite aus, so dass vielfältige Services auf der Website anzutreffen sein sollten.
- Aufgrund der primär regionalen Ausrichtung ist hingegen zu erwarten, dass die Angebotspalette von **Stadtwerken** kleiner ausfällt. Was die Möglichkeiten der Interaktivität und zusätzlicher Add-Ons angeht, scheint ein geringeres Anspruchsniveau plausibel.
- Das Geschäftsmodell der **Discounter** beruht auf dem großvolumigen Vertrieb preisgünstiger Stromprodukte unter Vernachlässigung aufwändiger Zusatzfeatures („no frills"). Dementsprechend sollte der Webauftritt so gestaltet sein, dass vor allem vertriebliche Aspekte und die Abwicklung von Transaktionen im Vordergrund stehen. Vorrangig sind daher vor allem die Transparenz der Angebote sowie auch die optimale Gestaltung der Website, so dass Geschäfte schnell und unproblematisch getätigt werden können.

Da eine Vollerhebung aller auf dem Strommarkt agierenden Unternehmen die Durchführung der Studie beträchtlich verlängert hätte, wurde eine praktikable Teilerhebung durch eine bewusste Stichprobenauswahl mit 26 Versorgern durchgeführt, die aufgrund ihrer Marktbedeutung ausgewählt wurden (vgl. Abb. 6). Die konkrete Datenerhebung fand mit Hilfe eines digital geführten Fragebogens Anfang 2008 statt. Dabei entstand eine umfassende Websiteanalyse und in diesem Zusammenhang ein Test aller relevanten Funktionalitäten. Die Merkmalsausprägungen wurden zur besseren Vergleichbarkeit in eine einheitliche Punkteskala mit fünf Kategorien überführt.

Ergebnisse: Vergleich der Webpräsenzen von Versorgern

Durch die Angebote der Discounter wächst die Bedeutung der Kundenansprache: alle untersuchten Online-Präsenzen weisen Kontaktinformationen auf und 77 Prozent bieten explizite Störhotlines. Über alle Versorgergruppen bleibt festzuhalten, dass viele Informationen und Funktionalitäten in klarer Struktur und übersichtlich zur

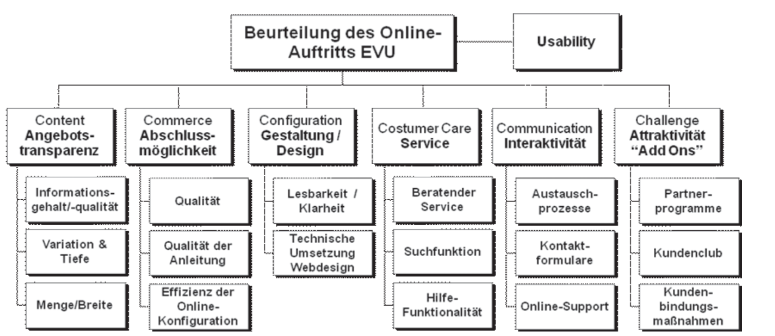


Abb. 4: Kriterien zur Beurteilung des Online-Auftritts von EVU adaptiert nach Bauer/Hammerschmidt (2004)

Verfügung stehen (vgl. Abb. 7). Links, mit deren Hilfe von jeder Position aus zurück zu den Basisfunktionalitäten gesprungen werden kann sind ebenso verfügbar wie bei 88 Prozent der untersuchten Websites eine Sitemap zur besseren Orientierung. Bei fast allen Seiten ist mittlerweile ein passwortgeschützter Bereich integriert, mit dem Kunden jederzeit die Möglichkeit haben, individuelle Daten zu pflegen. Nur 15 Prozent der Versorger stellen derzeit noch keine präzisen Informationen zu Tarifen bereit, jedoch lassen sich große qualitative Unterschiede erkennen im Hinblick auf die Transparenz der angebotenen Tarife.

Neben diesen augenfälligen Stärken wurden jedoch auch an vielen Stellen noch Optimierungspotenziale deutlich (vgl. Abb. 8). So beinhalten erst knapp zwei Drittel der untersuchten Online-Präsenzen eine zügige Hinführung zum Tarifabschluss, die nach einer Faustformel mit maximal drei Klicks erreichbar sein sollte. Die Möglichkeit zum Vertragswechsel, bevor der Wechsel zu einem anderen Versorger stattfindet, bieten sogar weniger als ein Drittel der betrachteten Versorger (Stand Februar 2008). Qualitätsunterschiede zeigen sich zudem vor allem bei der Usability und der Leistungsfähigkeit der Funktionen. Neben simplen technischen Defiziten (z.B. „tote" Links; Dokumente, die auf dem Server fehlen; Fehlermeldungen) fehlt es oftmals an klarem, kundenorientiertem Design, einfacher Menüführung und eindeutigen Funktionalitäten. Ein Kontaktformular zur schnellen Kontaktaufnahme findet sich zwar bei 96 Prozent der Online-Präsenzen, aber bei der intuitiven Nutzung besteht nicht selten Überarbeitungsbedarf.

Bei den Handlungsempfehlungen ist eine Differenzierung der drei Gruppen notwendig. Neben den schon genannten Potenzialen sollten insbesondere Verbundunternehmen sich klarer von Wettbewerbern abgrenzen sowie ihre transparenten Angebote für alle Kundensegmente (Variation und Qualität) verdeutlichen. Eine einfachere Bedienung, insbesondere bei der Anzahl der Prozessschritte zum Online-Abschluss, kann die Abschlussraten vergrößern und somit die Neukundenakquise verbessern. Diversifizierte Kontaktmöglichkeiten erleichtern die Kontaktaufnahme und verhindern, dass potentielle Kunden die Seite verlassen. Beispiele hierfür wären ein Support-Chat oder eine Rückrufmöglichkeit – Funktionalitäten, die bisher nur selten verankert sind. Daneben sollten diese Anbieter – ein erstaunliches Versäumnis angesichts des vermuteten höheren Online-Budgets der Verbundunternehmen/Regionalversorger – im Hinblick auf die Technik die Stabilität der Seiten und die technische Umsetzung überprüfen; beispielsweise muss die Website unter verschiedenen Browsern lauffähig sein. Grundsätzlich ist ein stärkerer Fokus auf die Kundenbindung und Maßnahmen zur Identifikation mit dem Unternehmen zu legen.
Als ein Gruppensieger im Bereich der VBU hat sich die Vattenfall Europe AG hervor getan, über deren Online-Präsenz dem Kunden eine schnelle, kundengerecht formulierte und bequeme Kontaktaufnahme zur Verfügung steht. Unter anderem wurde bei der Gestaltung der Online-Präsenz auf ausreichend Freiraum für die Mitteilung des Kunden und die kundenfreundliche Reihenfolge des Mitteilungsfeldes vor den Pflichtangaben geachtet.
Die **Stadtwerke** sollten den Faktor der regionalen Nähe stärker nutzen und ausbauen. Das lässt sich beispielsweise durch Ausbau der breitgefächerten Kontaktmöglichkeiten und bessere Einbeziehung der Kundenwünsche erreichen: Einführung eines Kundenbewertungssystem und eines expliziten Beschwerdemanagements sind zwei Faktoren, mit denen das Unternehmen unterstreichen kann, dass es die Kundenanforderungen auf der Online-Präsenz höher wertet als die Eigendarstellung . Unterstützend einwirken können hier personalisierte Maßnahmen und Kundenbindung wie Kooperationen mit regionalem Handel. Der höchste Handlungsbedarf besteht in der Anleitung für die Online-Funktionen und die Online-Abschlüsse, neben der Verbesserung der Effizienz der Online-Zusatzfunktionen, die ein Bestandskunde nach dem Abschluss im Online-Service aufsucht (Verbrauchsdaten online analysieren, Rechnungskorrektur etc.). Nachholbedarf gibt es, wie bei Verbundunternehmen, in der Qualität der technischen Umsetzung. Fehlerbehandlung, Stabilität sowie die Lesbarkeit der Websites auf verschiedenen Systemen wiesen teilweise starke Defizite auf.
Bei den **Discountern** liegt momentan der Fokus stark auf Akquise und Online-Abschluss bei guter Transparenz der Tarif- und Informationsstruktur. Für die nähere Zukunft ist jedoch auch der Ausbau von Servicefunktionen notwendig, um die Kundenbindung zu unterstützen. Empfohlen werden umfassendere Möglichkeiten der Kontaktaufnahme wie Call Center oder Rückrufservice, um die Vertriebskraft der Site zu unterstützen. Bisher fehlen flächendeckend noch differenzierte kundengerechte Aufbereitungen von Informationsmaterial, das für Kaufentscheidungen notwendig ist (Strompreiszusammensetzung, FAQ-Listen) sowie eine Website-Gestaltung, die Hilfestellung bei Auffinden zentraler Funktionen bietet. Die E wie Einfach Strom & Gas GmbH, als eine der Gruppensieger, überzeugt u.a. durch deutlich erkennbare Orientierungshilfen auf der Online-Präsenz, die den Kunden beispielsweise Basislinks zur einfachen Navigation bieten. Innovative Zusatzdienste wie Kündigungshelfer oder ein „Wechselwecker" können die Kundenbindung online ebenso verstärken wie die Einführung eines „Kunden werben Kunden"-Programmes.

Dimensionen	Versorgergruppe		
	VBU/ REVU	Stadtwerke	Discounter
Angebots-vielfalt	●	◑	◔
Abschluss-möglichkeit	●	●	●
Usability	◕	◕	●
Gestaltung/ Design	◕	◕	●
Service	●	●	◑
Interaktivität	●	◕	◑
Add Ons	●	◕	◔

Abb. 5: Unterschiedliche Bedeutung der Kriterien bei Versorgergruppen

Verbundunternehmen/ Regionalversorger	Stadtwerke	Discounter
• 7 Regionalversorger E.ON-Konzern (E.ON Avacon AG, E.ON Bayern AG, E.ON edis AG, E.ON Hanse AG, E.ON Mitte AG, E.ON Thüringer Energie AG, E.ON Westfalen Weser AG) • 5 Regionalgesellschaften der RWE AG(RWE Rhein-Ruhr AG, RWE Westfalen-Weser-Ems AG, envia Mitteldeutsche Energie AG, Süwag Energie AG, Lechwerke AG) • Vattenfall Europe AG • EnBW AG	• Düsseldorf (SWD AG) • München (SWM GmbH) • Mannheim (MVV Energie AG) • Köln (RheinEnergie AG) • Oldenburg (EWE AG) • Frankfurt (Mainova AG)	• Nuon Deutschland GmbH • Yello Strom GmbH • LichtBlick – die Zukunft der Energie GmbH & Co. KG • Flexstrom GmbH • E wie Einfach Strom & Gas GmbH • eprimo GmbH

Abb. 6: Stichprobenauswahl



Fazit und Ausblick

Die Geschäftsprozesse aller Versorger müssen optimal in die Online-Präsenz integriert werden: die Anbieter können Kosten sparen, wenn die Kunden Ihre Daten durch„Selbsteingabe“ akualisieren. Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass die Online-Präsenzen bereits durch den steigenden Wettbewerbsdruck als wichtiger Kommunikationskanal zum direkten Kommunizieren mit dem Kunden genutzt werden. Da die Websites der Versorgungsunternehmen und Stadtwerke eine Vielzahl von Kommunikationskanälen bedienen, gleichen sie zusehends einem virtuellen Kundencenter für verschiedene Kundensegmente. Bei den Discountern steht noch die Möglichkeit des Online-Abschlusses im Mittelpunkt. Mit der vorgestellten Methodik existiert ein flexibles Werkzeug, mit dem es möglich wird, die Online-Präsenzen von Energieversorgern zu bewerten. Dabei kann auch eine einzelne Website analysiert werden, um zum Beispiel bereits im Laufe eines Relaunches oder der Konzeptionsphase eine Bewertung und Schwachstellenanalyse durchzuführen. So lassen sich Entwicklungskosten reduzieren, weil kostenaufwändige Nachbesserungen in der Umsetzungsphase entfallen. Auch eine bestehende Webpräsenz kann bewertet werden, um etwaigen Handlungsbedarf aufzudecken und punktgenaue Verbesserungen durchzuführen.

Marion Halfmann



Abb. 7: Stärken deutscher Energieversorger (Prozent-Anteil Versorger, die Kriterium erfüllen)

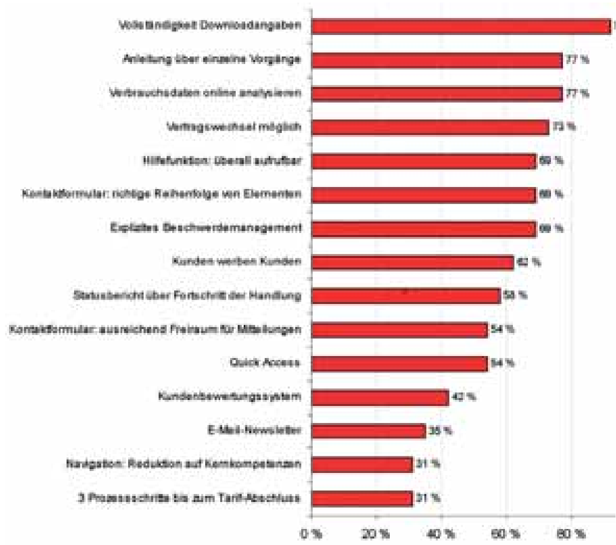


Abb. 8: Potenziale deutscher Energieversorger (Prozent-Anteil Versorger, die Kriterium nicht erfüllen)

Abstract

Markterfolg bedingt ein auf die Produkte des eigenen Unternehmens abgestimmtes Marketingkonzept – nicht nur im Energiebereich. Eine wachsende Rolle spielt hierbei die eigene Webpräsenz, die differenzierte Möglichkeiten bietet, Akquise und Kundenbindung effizient zu unterstützen. Die Fachhochschule Köln hat in Zusammenarbeit mit der SMP AG eine repräsentative Erhebung der Internetpräsenzen deutscher Energieversorgungsunternehmen durchgeführt, Stärken und Schwächen herausgearbeitet und Handlungsempfehlungen für den erfolgreichen Online-Auftritt entwickelt.

Projektleitung

Prof. Dr. Marion Halfmann
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Betriebwirtschaftliches Institut Gummersbach
E-Mail: halfmann@gm.fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Julia Augustin M.Sc.
Dip.-Inform. (FH) Daniel Linssen

Air Condition State of the Art



Eine der modernsten Klimaanlagen der Welt entstand an der Fachhochschule (FH) Köln im Rahmen der Forschungsinitiative „Smart Building". Im Zuge der Gebäudemodernisierung der Laborbereiche ist sie vielleicht wegweisend für die Raumluftkonditionierung in Seminarräumen und Hörsälen. Allein im ersten Jahr wurden zu dieser Anlage rund 20 Projekt-, Diplom- und Masterarbeiten verfasst. Die Anlage wurde gemeinsam finanziert aus Mitteln von Hochschule, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Industrie sowie aus den Studienbeiträgen der Studierenden. Sie ermöglicht einen modernen Lehrbetrieb sowie ein weites Betätigungsfeld in Sachen Forschung und Entwicklung (F&E) in angenehmstem Klima.

Anlagenphilosophie

Die Anlage wurde für die Klimatisierung dreier Seminarräume mit einem Gesamtvolumenstrom von 5.000 m³/h ausgelegt. Zusätzlich kann der gesamte Volumenstrom zu F&E-Zwecken im Labor Verwendung finden. Die Räume und Bereiche sind entsprechend dem Vorlesungsbetrieb individuell zu- und abschaltbar.

Die angesaugte Luft wird im Gerät gefiltert und optional UV-entkeimt, um dann thermodynamisch behandelt zu werden durch Heizen, Kühlen, Be- oder Entfeuchten. Der Heizenergiebedarf im Winter wird aufgrund einer Hochleistungswärmerückgewinnung minimiert. Die restlich benötigte Energie wird konventionell erzeugt. Ein Umluftbetrieb ist zwar anlagentechnisch möglich, wird aber prinzipiell aus hygienischen Gründen abgelehnt. Die Kühlung des Raumes erfolgt im Sommer sowohl über Luft, als auch über Wasser. Die Luftkühlung im Gerät erfolgt über Verdunstungskühlung. Hierbei wird die Abluft über Sprühbefeuchtung gekühlt und überträgt die

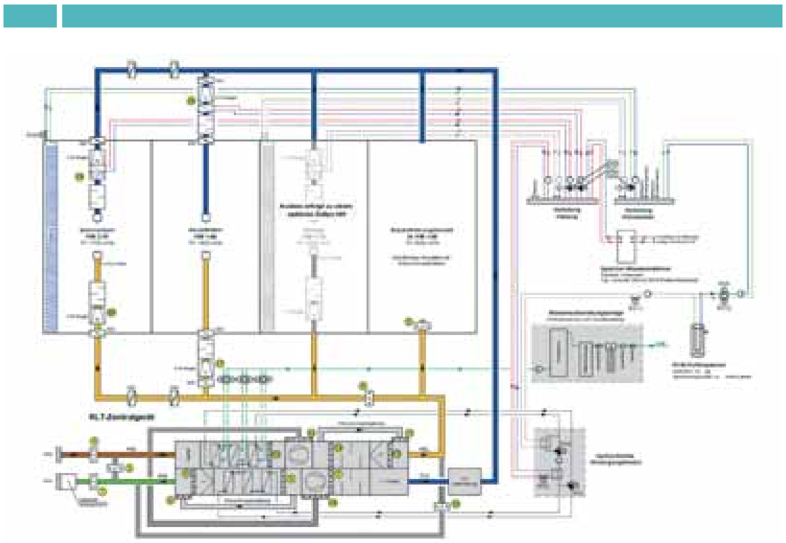


Abb. 1: Funktionsschema der Klimaanlage

Enthalpie über die Hochleistungswärmerückgewinnung an die Zuluft. Sollte die Kälteleistung nicht ausreichen kann die Restkälte konventionell nachgespeist werden. Die Lufteinbringung erfolgt wahlweise über geplante Quell-Luftauslässe oder Dralldurchlässe. Des Weiteren ist im Raum ein Kühldeckensystem montiert – eine Spende der Firma UPONOR. Dieses System wird über einen Latentwärmespeicher gespeist. Für den Brandfall besitzt die Anlage eine sogenannte Entrauchungsumgehung: die Anlage ist zusätzlich in der Lage im Brandfall zu entrauchen, was nahezu einmalig ist. Mit Hilfe der Messtechnik steht die Anlage im ständigen Monitoring und kann somit optimiert werden. Der Anlagenfocus liegt somit insbesondere auf den Merkmalen Energie, Komfort, Hygiene, Brandschutz sowie dem Anlagenmonitoring. Die Feinheiten werden im Folgenden erläutert.

Energie

Die Thematik der Minimierung des Energiebedarfs in Klimaanlagen ist aktueller denn je. Ein raumlufttechnisches Gerät benötigt dabei prinzipiell Energie in Form von Strom, Wärme, Kälte (meist auch Strom).

Strom

Das Zentralgerät kann maximal 5.000 m³/h fördern. Die Ventilatorleistungen (Zu-/Abluft) unter Volllast sind dabei einer der Hauptenergieverursacher. Die Antriebsleistung und damit der statische Druckverlust reduzieren sich zur 3. Potenz proportional dem Volumenstrom. Dieses bedeutet: verringert man den Volumenstrom, reduziert sich die Antriebsenergie drastisch. Damit der Ventilator den Volumenstrom variieren kann, benötigt er einen Frequenzumformer. Auch sämtliche Pumpen (Wärme, Kälte, WRG), gestiftet von der Firma WILO, besitzen einen FU zur Variation des Anlagenvolumenstroms.

Die Ventilatoren sind, orientiert am Auslegungsfall, für den maximal erforderlichen Volumenstrom ausgelegt – korrespondierend mit der Maximalbelegung aller drei Hörsäle. Die Räume an sich können nun über ein jeweiliges Steuertableau geschaltet werden. Die Raumbelegung wird über eine CO_2-Sensorik in der Abluft erfasst. Entsprechend einer proportionalen ppm Skala erhöht



oder verringert sich der Anlagenvolumenstrom über variable Volumenstromregler – sowohl in Zu- als auch in Abluft – mit motorischem Stellantrieb, eine Stiftung der Firma TROX. Die Auswertung der GLT verblüfft dann auch bei der Feststellung, dass sich die Stromaufnahme des Ventilators, unter Reduktion des Volumenstroms, auf Glühbirnenniveau verringert.

Prinzipiell wirkt sich eine Reduktion des Druckverlustes positiv auf den Energieverbrauch aus. Neben der Wahl moderater Geschwindigkeiten, besticht hier eine weitere Maßnahme: Über die Verwendung freilaufender Ventilatoren entfällt gegenüber keilriemenbetriebenen Radialventilatoren die ansonsten nach VDI 6022 erforderliche zweite Filterstufe. Hierdurch wird das Gerät kleiner, was letztlich zu einer erheblichen Reduktion des Druckverlustes führt, wie nebenstehend ersichtlich. Zusätzlich entfallen die Kosten für den turnusgemäßen Wechsel des 2. Filters.

Kälte
Neun von zehn Kälteanlagenkonzepten basieren normalerweise aus Kostengründen auf einer stromgeführten Kompressionskältetechnik. In diesem Fall erfolgt die Luftkühlung auf Basis einer Verdunstungskühlung, also auf einer regenerativen Kältequelle. Trotz vielerlei Diskussionen über teures Wasser regnet es doch noch vergleichsweise oft in Deutschland. Die Temperatur des Wassers spielt dabei übrigens nahezu keine Rolle. Befeuchtet wird die Abluft, die sich danach abkühlt. Die Enthalpie der danach abgekühlten Abluft wird dann über die Hochleistungswärmerückgewinnung an den Zuluftstrom übertragen (Abkühlung von 32°C um ca. 10 K). Derzeit wird die Deckungsrate untersucht, die man, analog zu den Vorlesungszeiten, ohne zusätzlich konventionelle Kälteeinspeisung erzielt. Ein weitere Besonderheit des Kälteanlagenkonzepts ist die Funktionsweise des Kühldeckenbetrieb. Vorab ist festzustellen, dass erst der Kühldeckenbetrieb die hier installierten sehr kleinen Mindestaußenluftströme ermöglicht.

Die Kühldecke deckt einen Großteil der Raumkühllast ab, benötigt aber auch eine Kälteleistung die, in welcher Form auch immer, erzeugt werden muss. Auch diese Kälte wird nicht konventionell über strombetriebene Kältemaschinen, sondern regenerativ zur Verfügung gestellt. Genutzt wird die nächtliche Abkühlung in Verbindung mit einem PCM-Latentwärmespeicher in den sommerlichen Vorlesungszeiten (dann wird die Kälte benötigt), also in den Monaten Mai, Juni und September, Oktober.

Paraffine finden, anstelle von Wasser, Verwendung da sie aufgrund des Phasenwandels – etwa bei 16…18°C – im kristallinen Bereich ca. viermal mehr Energie speichern können als Wasser. Dieses führt im Umkehrschluss zu einem kleineren Behältervolumen. Die Behälter werden nachts mit „Kälte" beladen, die dann am Tage zur Beschickung des Kühldeckensystems dient.

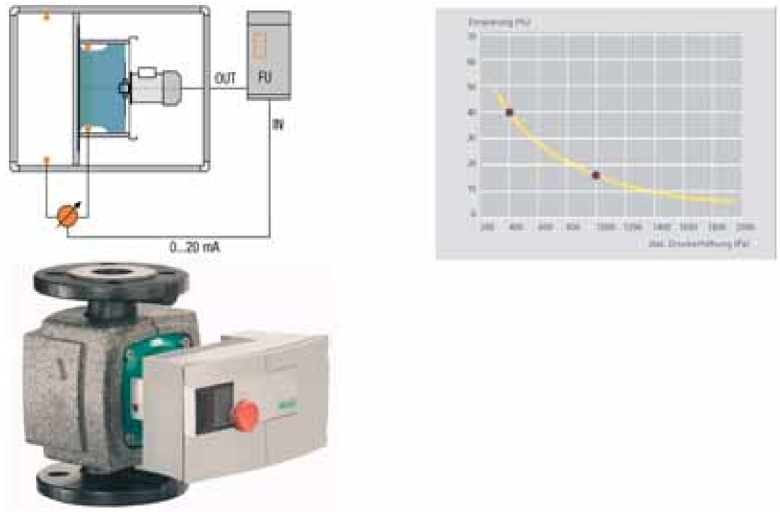


Abb. 2: Motoren mit Frequenzumformern zur Variation des Volumenstroms

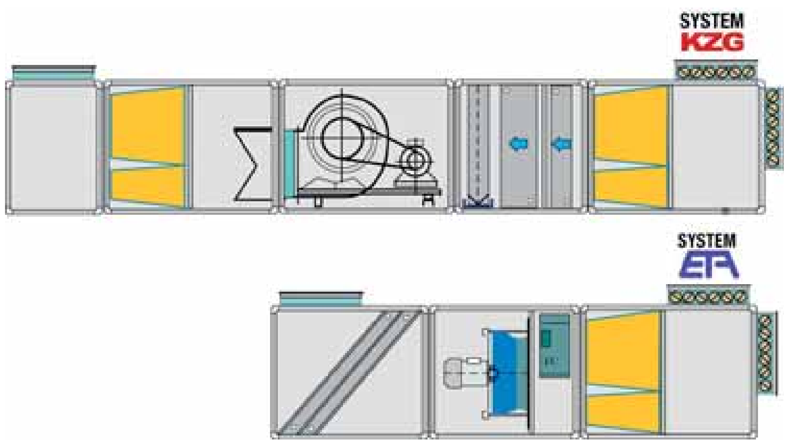


Abb. 3: Freiläufer ergibt wesentlich kürzere Geräte

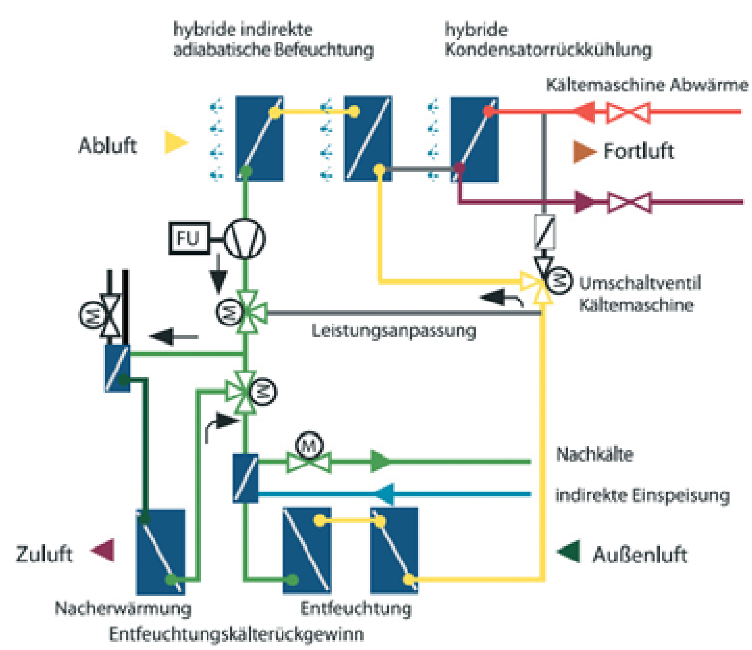


Abb. 4: Verdunstungskühlung der Fa. HOWATHERM

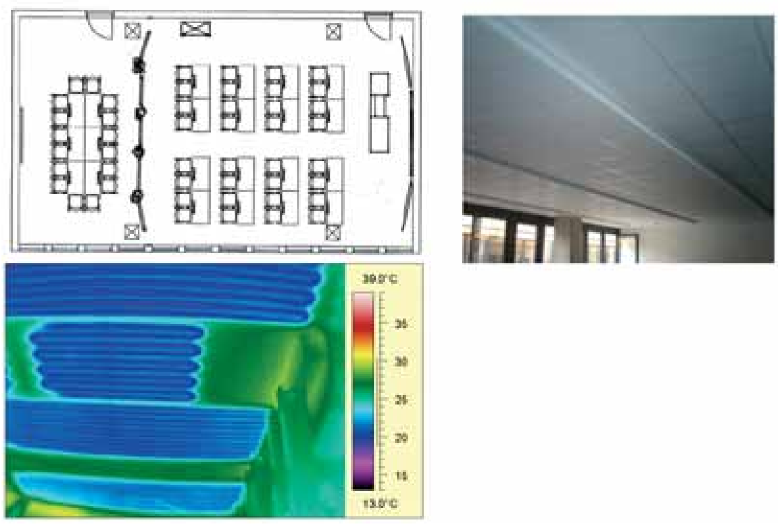


Abb. 5: Seminarraum mit dem thermisch aktiven Kühldeckensystem der Fa. UPONOR ausgelegt als f(Kühllast)

In Verbindung mit der Verfahrenstechnik wurden, im Rahmen diverser Diplomarbeiten, sehr viele Paraffine im DSC, hinsichtlich ihres Schmelz- oder Erstarrungsverhaltens ausgewertet, um letztendlich einen geeigneten Stoff zu verwenden. Nötig wurden diese Untersuchungen, da es bislang zwar sehr viele Studien zum Thema Wärmespeicherung, aber nur sehr wenige zum Thema „Kältespeicherung" gibt. Auch die Problematik der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Paraffinen, die letztendlich zu relativ langen Be- und Entladungszeiten führt, ist über eine Vielzahl von Diplomarbeiten in Angriff genommen. Zur Zeit werden unterschiedlichste Wärmetauschergeometrien sowie diverse Verbundmaterialien interdisziplinär untersucht.

Wärme

Für den Winterfall befindet sich im Zentralgerät, wie bereits angesprochen, eine drei-stufige Hochleistungswärmerückgewinnung, die in der Lage ist bis zu 80 Prozent der Abluftenthalpie an den Zuluftstrom zu übertragen. Das von der Firma Howatherm verwendete sogenannte Kreislaufverbundsystem ist gegenüber anderen Systemen energetisch optimiert und spezifisch verändert. Die Tatsache, dass man mit gewöhnlichen Kreislaufverbundsystemen, Wirkungsgrade von 40 bis 50 Prozent realisieren kann, werden hier durch konstruktive Maßnahmen eliminiert. Dazu werden mehrere Wärmeübertragerstufen hintereinander geschaltet. Um hohe Druckverluste zu vermeiden, liegt die Anströmgeschwindigkeit der Luft bei max. 2,5 m/s. Durch die Abwärmeleistung der Ventilatoren (ZU- und Abluftseite ca. 1K) reduziert sich die restlich erforderliche Wärmemenge auf ein Minimum – auch aufgrund der Tatsache, dass infolge der Raumlast vermutlich mit Untertemperatur eingeblasen werden muss. Im Seminarraum selbst befinden sich zur Deckung des Transmissionswärmebedarfs zusätzlich Heizkörper. Das restliche Energieminimum wird konventionell erzeugt.

Energiekostenvergleich Forschungsklimaanlage versus konventionelle Anlage

Ein Vergleich von Systemen ist stets ein schwieriges Unterfangen, da der Vergleichsstandard vorab genau und vor allem fair definiert werden muss. Das Vergleichssystem besitze in diesem Fall:

- lediglich eine Standardwärmerückgewinnung
- keine variablen Volumenströme
- keine Verdunstungskühlung
- keine Kühldecke
- keine Drallauslässe, sondern konventionelle Anemostate)

So liegen die Energiekosten einer konventionellen Anlage dann auch um Faktor 5 über denjenigen der Forschungsklimaanlage. Bei der CO_2-Emission steigert sich dieser Faktor sogar noch auf das 10-fache. Hauptverantwortlich für die Differenz sind vor allem die höheren Stromkosten, was durch fehlende Variabilität der Volumenströme sowie die fehlende Kühldecke zu erklären ist. Denn aus der fehlenden Kühldecke resultiert ein höherer Anlagenvolumenstrom.

Eine Summierung der Gesamtenergiekosten in der nachfolgenden Abb. belegt bei einer angesetzten Energieverteuerungsrate von 5 %/a, dass durch den Einsatz modernster Anlagentechnologie in einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren allein an Energiekosten ca. 140.000 € eingespart werden können. Rund 15 Jahre ist in etwa die Lebenserwartung einer solchen Anlage.
Im selben Zeitraum kommt es zu einer vergleichsweisen CO2-Reduktion in Höhe von 581 Tonnen. Anhand dieser Daten scheut die Forschungsklimaanlage auch keinen wirtschaftlichen Vergleich. In ökologischer Hinsicht ist sie kaum zu übertreffen und beschreibt den „State of the Art". Zwei geothermische Tiefenbohrungen, die derzeit



Abb. 6: Paraffine der Firma RUBITHERM, untersucht im DSC zur weiteren Verwendung im PCM-Latentwärmespeicher



vom Heizungslabor beantragt wurden, wären in Verbindung mit einer umschaltbaren Kältemaschine/Wärmepumpe eine sinnvolle Ergänzung zur Deckung des restlichen Energiebedarfs.

Hygiene
Die VDI 6022 setzt hohe Maßstäbe an den hygienischen Betrieb von raumlufttechnischen Anlagen. Die hier dargestellte Anlage geht über das erforderliche Maß hinaus.

Nanohybridbschichtung
In der Forschungsklimaanlage kommt eine spezielle Nano-Hybridbeschichtung zum Einsatz. Diese minimiert die freie Oberflächenenergie infolge chemischer Nanotechnologie. Mittels der selbstorganisierenden Antihaftgruppen entsteht auf der Oberfläche ein Bionikeffekt, der die RLT-Anlage hydrophob werden lässt. Die Folge ist unter anderem eine Verlängerung der Reinigungsintervalle, da Schmutzpartikel nicht so einfach auf der Oberfläche haften können.

Das multifunktionale Hybridbeschichtungssystem beinhaltet eine Siliciumdioxid *(SiO_2)* Nanokapselung, welches die Oberfläche wesentlich härter macht und somit zusätzlich nicht mehr verkratzt. Chemische und mechanische Beständigkeit dienen als dauerhafter Korrosionsschutz. Da die Schichtdicke nur bei 5 bis 15 µm liegt, gibt es keinen Funktionseinfluss auf die RLT-Anlage.

Zusätzlich sind die Komponenten mit einer sogenannten „Nano-Bakterizid-Beschichtung" ausgestattet. Durch die Zugabe von Nanopartikeln aus Titandioxid (*TiO_2*) wird eine mikrobiologisch inerte Oberfläche erzeugt, die mittels Photokatalyse organische Verunreinigungen abbauen kann. Die Oberflächen wirken antimikrobiell. Die weitere Zugabe von Nano-Silber (Nano-Ag) bewirkt einen optimierten Schutz vor der Ansiedlung von Mikroorganismen.

UV-Entkeimung
Die sogenannte UV-Unit (UV-Entkeimungsmodul) ist ein physikalischer Filter ohne Druckverlust. Eine UV-Bestrahlung kann allerdings keinen Schwebstofffilter ersetzen. Sie ist eine ergänzende Maßnahme. In der Forschungsklimaanlage der FH Köln wird das Entkeimungsmodul zu Demonstrationszwecken genutzt. Derzeit sollen subjektive Feldstudien Aufschluss darüber geben, ob die UV-Entkeimung der Luft auch eine spürbar bessere Luftqualität nach sich zieht.

Das UV-Entkeimungsmodul basiert auf UVC-Strahlung. Die ultraviolette Strahlung (UV) ist eine elektromagnetische Strahlung und liegt zwischen der sichtbaren Grenze des kurzwelligen Lichts der Sonnenstrahlung und dem Bereich der Röntgenstrahlung. Die bakterizide Wirkung von UVC und das Absorptionsspektrum von DNS haben ihr Maximum bei etwa 260 nm. So wird die UV-Strahlung für Desinfektions- und Sterilisationsmaßnahmen eingesetzt, unter der Annahme, dass sie in einem bestimmten Spektralbereich derart auf den Zellkern einwirkt, dass Mikroorganismen abgetötet werden. Die Inaktivierung der Mikroorganismen geschieht praktisch augenblicklich. Ihr Ausmaß hängt von der UVC-Dosis ab. Eine Resistenz gegen UVC-Strahlung kann nicht aufgebaut werden.

		Forschungs-klimaanlage	konventionelle Anlage	
Energiepreise	Wärmepreis	0,06	0,06	€/kWh
	Strompreis	0,15	0,15	€/kWh
	Wasserpreis (ohne Abwasser)	3,00	3,00	€/m³
Betriebsstunden	Heizstunden	1.509	1.509	h/a
	Kühlstunden	446	446	h/a
Volumenströme	Volumenstrom (gesamt)	5.000	9.000	m³/h
	Volumenstrom ∅	2.500	9.000	m³/h
Leistungen	Erwärmung gesamt	26,7	96,0	kW
	Wärmerückgewinnung ∅	20,0	48,0	kW
	Vorerwärmer	6,7	48,0	kW
	Nacherwärmer	5,8	21,0	kW
	Kältemaschine (Verdampfer)	8,3	60,0	kW
	Kältemaschine (Verdichter)	2,8	20,0	kW
	Zuluftventilator	0,50	5,36	kW
	Abluftventilator	0,30	3,57	kW
Wärmemengen	Vorerwärmer	4.778	34.404	kWh/a
	Nacherwärmer	0	4.688	kWh/a
Strommenge	Ventilatoren	1.552	17.459	kWh/a
	Kälte	2.232	16.071	kWh/a
	Pumpen (pauschaliert)	800	1.500	kWh/a
	Hilfsstrom (Regelung, sonst.)	229	1.751	kWh/a
Wassermenge	Verdunstungskühlung	104	0	m³/a
Kosten	Wärme	287	2.345	€/a
	Strom	722	5.517	€/a
	Wasser	312	0	€/a
	gesamt	**1.321**	**7.863**	**€/a**
CO_2-Mengen	Wärme + Strom	**5.758**	**60.483**	**kg/a**

Tab. 1: Energiemengenvergleich

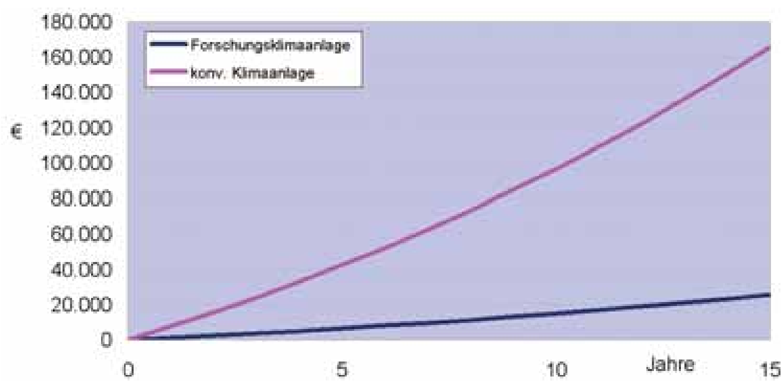


Abb. 7: Energiemengenvergleich auf 15 Jahre bei 5 Prozent Preissteigerungsrate / a

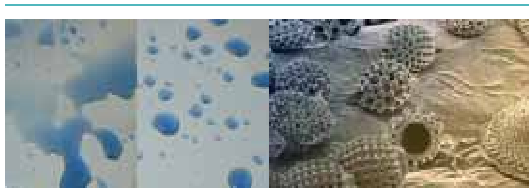


Abb. 8: links ohne, rechts mit Bionik-Effekt (infolge selbstorganisierender Antihaftgruppen Abb. ganz rechts)

Dazu werden spezielle, zur Desinfektion geeignete, künstliche Strahlungsquellen verwendet, die bei der Spaltung von Sauerstoff-Molekülen Ozon bilden. Da dieses allerdings ein sehr starkes Oxidationsmittel ist und die Schleimhäute des Menschen reizt, wird die Ozonbildung vermieden. Hierzu werden die Strahlungsquellen mit einem absorbierenden Glasmaterial versehen. Als D10-Werte bezeichnet man die UV-Dosis, die eine bestimmte Ausgangskeimanzahl um eine Zehnerpotenz vermindert. Die optimale Strahlendosis bestimmt das Anforderungsprofil der Entkeimung. So kann die Strahlungsleistung in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit durch die sequenzielle Zu- und Abschaltung von Strahlergruppen der Entkeimungswirkung angepasst werden.
Der Entkeimungseffekt ist auch vom Grad der Luftverschmutzung (Schatteneffekt) und der Luftfeuchtigkeit abhängig. Bereits bei 80 Prozent relativer Feuchte sind die Luftkeime mit einer Wasserhaut umgeben, die eine bis Faktor 5 geringere Empfindlichkeit der Keime gegenüber UV-Strahlung im Vergleich zur trockenen Luft zur Folge hat. Die UVC-Bestrahlung im Luftstrom führt zu einer deutlichen Keimreduzierung und stellt damit eine effektive Bekämpfung des Keimwachstums in RLT- Anlagen dar – allerdings nur in Verbindung mit der mechanischen Filterung. Die Einsatzgebiete reduzieren sich normalerweise auf Krankenhäuser, pharmazeutische Industrie sowie alle Bereiche der Lebensmittelindustrie. Bei der indirekten Bestrahlung der Zuluft in der RLT-Anlage können keine direkten Strahlungsanteile in den zu klimatisierenden Raum gelangen. Die Entkeimung mit UVC-Strahlen ist eine äußerst zuverlässige, ökologisch und ökonomisch sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Methoden der Luftdesinfektion in RLT-Anlagen. Somit erfüllt die Forschungsklimaanlage der FH Köln ein Höchstmaß in Sachen Hygienestandard der Zuluft.

Dampfbefeuchtung

Die Diskussion der Luftbefeuchtung in Klimaanlagen wird für die Wintermonate zur Vermeidung ausgetrockneter Schleimhäute und damit verbundenem Unbehagen kontrovers diskutiert. Eine Befeuchtung wäre in der Anlage zwingend nicht erforderlich gewesen, wurde aber aus Demonstrationsgründen für die Studierenden installiert. Fest steht, wenn die Zuluft befeuchtet werden muss, empfiehlt sich aus hygienischen Gründen der Einsatz von Dampf. Der vollautomatische Elektroden-Dampfluftbefeuchter erzeugt und verteilt diesen sterilen Wasserdampf. Durch eine zukunftsorientierte Technologie wird eine sehr präzise und schnelle Reaktion auf rasch wechselnde Änderungen der Raumfeuchte ermöglicht.

Komfort

Neben der Funktionalität verfügt die Anlage über sinnvolle Komforteinrichtungen, die im Zusammenhang mit der Betriebsweise eines raumlufttechnischen Gerätes für den Schulbetrieb sinnvoll sind.

Raumbediengeräte

In den jeweiligen Seminarräumen befinden sich Sollwertversteller zur individuellen Einstellung der Raumtemperatur sowie zum Ein- und Ausschalten des Anlagenbetriebs. Nach dem Einschalten läuft die Anlage im Regelfall zwei Unterrichtsstunden und schließt nach dieser Zeit automatisch. Sie kann jedoch, für den Fall, dass der Unterricht nur eine Stunde dauert, auch vorzeitig von Hand ausgeschaltet werden.

Kein Durchzug

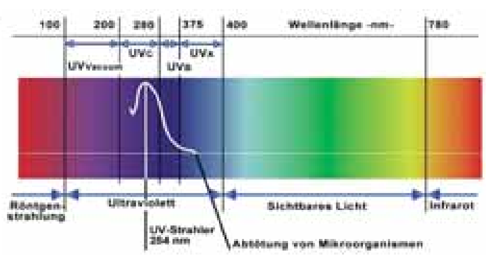
Im Raum sollen unterschiedliche Luftführungssysteme, die bei den Studierenden auf dem Prüfstand stehen, zur Installation kommen. In der Decke befinden sich zur Zeit Drallauslässe. Drallauslässe besitzen den Vorteil, dass sie gegenüber konventionellen Luftdurchlässen aufgrund des verdrallten Luftaustritts eine wesentlich längere, spiralförmig angelegte Weglänge zurücklegen, bevor sie den empfindlichen Kopfbereich und insbesondere den sensiblen Nachenbereich erreichen. Auf diesem Weg bauen sich sowohl der Temperaturgradient zum Raum sowie die kinetische Energie (Raumluftgeschwindigkeit) fast vollständig ab. Frei von Zugerscheinungen ergibt sich aus diesem behaglichen Raumluftzustand eine sehr hohe Akzeptanz beim Nutzer.

Minimierung der Geräuschemissionen

Jede Klimaanlage muss mit wenigstens vier Schalldämpfern versehen werden, um die erforderlichen Pegel einzuhalten. In einem Seminarraum oder Hörsaal sollte nicht die Klimaanlage, sondern der Dozent die Lautstärke bestimmen. In der Forschungsklimaanlage der FH Köln kommen deshalb sogenannte Kombinationsschalldämpfer auf der Zu- und Abluftseite der Firma Howatherm zum Einsatz. Dieser Kombinationsschalldämpfer besteht aus einem Membranschalldämpfer und einem nachfolgendem Kanalschichtenschalldämpfer.

Der Membranschalldämpfer ist ein Resonanzschalldämpfer, bei dem die Schallenergie besonders in tiefen Frequenzen (in diesem Fall < 500 Hz) wirkt. In hohen Frequenzen ist das Dämpfverhalten eher dürftig: bei Frequenzen über 1000 Hz ist nahezu keinerlei Dämpfung mehr zu erwarten. Der Kanalschichtenschalldämpfer, auch Kulissenschalldämpfer genannt, ist ein Absorptionsschalldämpfer und wurde durch die Firm. HOWATHERM patentiert. Die Dämpfung durch diesen Absorptionsschalldämpfer wird umso größer, je mehr Umfang an Schalldämmmaterial im Verhältnis zum freien Querschnitt steht. Verantwortlich für die Dämpfung in tiefen Frequenzen ist die Kulissendicke, für die hohen





Entkeimung	90,0 % ige 1 x D10 Dosis	99,9 % ige 3 x D10 Dosis
Escherichia coli(Luft)	7 W s/m2	21 W s/m2
Legionella pneumophila	9 W s/m2	27 W s/m2
Staphylococcus aureus	22 W s/m2	66 W s/m2
Proteus vulgaris	27 W s/m2	78 W s/m2
Salmonella enteriditis	40 W s/m2	120 W s/m2
Pseudomonas aeroginosa	55 W s/m2	165 W s/m2
Bacterium subilis	60 W s/m2	180 W s/m2

Abb. 9: UV-Unit der Firma HOWATHERM-Angriff im Bereich ultravioletter Strahlung auf die DNA von Mikroorganismen



Frequenzen die Spaltbreite. In diesem Fall ist die Dämpfung besonders bei Frequenzen über 1000 Hz herausragend. Durch den Kanalschichtenschalldämpfer wird eine verbesserte Dämpfung durch Reduktion der Durchstrahlung hervorgebracht. Im Vergleich zum herkömmlichen Kulissenschalldämpfer entsteht kein erhöhter Druckverlust. Der Nachteil liegt in den Materialkosten der aus Melaninharz bestehenden Kanalschichten. Aus diesem Grund werden zusätzlich Spaltformteile eingesetzt. Diese Standardkulissen verringern den Bedarf an Schalldämmmaterial aus Melaninharz und somit auch die Materialkosten.

Aus der Kombination des Membranschalldämpfers und des Kanalschichtenschalldämpfers entsteht ein Kombinationsschalldämpfer, welcher bei niedrigen und hohen Frequenzen eine hohe Dämpfung erreicht. Die Reduktion des Schalls liegt in der Summe bei circa 70 Prozent. Das entspricht ungefähr 5 dB unter dem Wert einer Standardkulisse.

Zur weiteren Optimierung der Schalldämmung ist das Gehäuse der Forschungsklimaanlage speziell ausgeführt. Das Gehäuse ist akustisch entkoppelt konstruiert, dadurch wird die Übertragung des Körperschalls unterbunden, beziehungsweise minimiert. Zudem sind die Wände der RLT-Anlage doppelschalig ausgeführt, was zu einer zusätzlichen Dämmung führt.

Brandschutz und Entrauchungsfunktion

Im Normalfall sind RLT-Anlagen für die Entrauchung nicht geeignet. Eine Ausnahme bildet die Forschungsklimaanlage der FH Köln. In der Regel sind die Komponenten nicht temperaturbeständig, oder es kommt zu einem erhöhten Strömungswiderstand durch die Partikelbelastung. Howatherm ist es gelungen, die RLT-Anlage so auszuführen, dass alle benötigten Komponenten der Feuerwiderstandsklasse F 200 entsprechen. Das entspricht nach DIN EN 12101-3 einer Temperaturbeständigkeit von 200 Celsius und einer Mindestfunktionsdauer von 120 Minuten. Dabei darf die mittlere Oberflächentemperatur nicht über 140 Kelvin gegenüber der Umgebung ansteigen, punktuell dürfen 180 Kelvin nicht überschritten werden.

Vom Aufbau her handelt es sich im wesentlichen um die Ventilatorkammer, welche den Funktionserhalt im Brandfall gewährleisten muss, da alle anderen Komponenten durch eine Entrauchungsumgehung im Entrauchungsbetrieb nicht mit eingebunden werden. Die Ursache hierfür ist die zu hohe Partikelbelastung in der Abluft. So würde sich zum Beispiel der Filter schon nach wenigen Augenblicken vollkommen zusetzen, der Strömungswiderstand würde ins unermessliche steigen, und der Betrieb wäre nicht mehr realisierbar.

Des Weiteren wird im Entrauchungsbetrieb nicht nur der Abluftventilator, sondern auch der Zuluftventilator genutzt. Durch Verschließen der Jalousieklappen, auch Rauchabsperrklappen (RAK) genannt, und Öffnen der Rauchfreigabeklappen (RFK) wird die Entrauchungsumgehung für die Zu- und Abluftseite freigegeben.

Aufgrund der Tatsache, dass beide Ventilatoren in Betrieb gehen und die Komponenten wie Filter, Schalldämpfer und Wärmerückgewinnung somit keinen Strömungswiderstand mehr bilden, liegt die Leistung der einzelnen Ventilatoren nicht mehr bei 5.000 m^3/h, sondern bei 9000 m^3/h. Damit ist es möglich im Brandfall einen Gesamtvolumenstrom von ca. 18.000 m^3/h zu fördern. Durch die Doppelfunktion des RLT-Gerätes entfällt die ansonsten oft geforderte zusätzliche, mechanisch betriebene, Entrauchungsanlage.

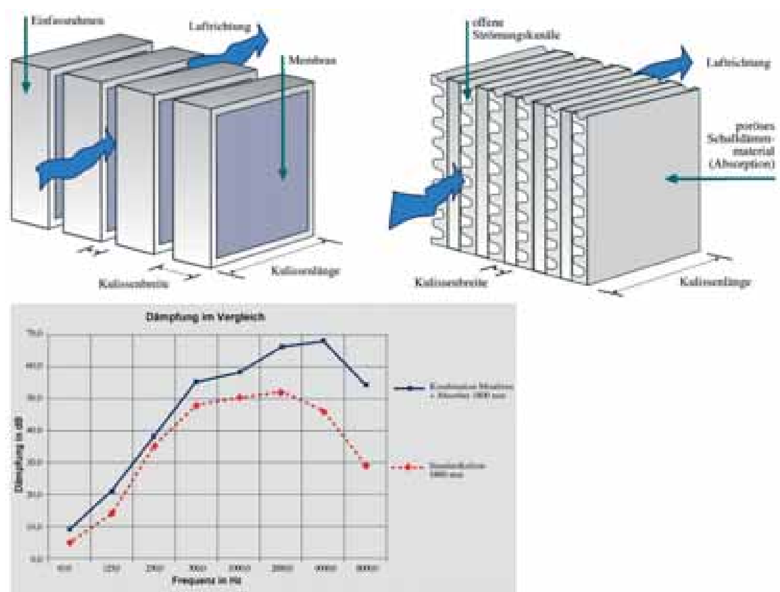


Abb. 11: Akustikkonzept – Kombination Membranschalldämpfer (links) und Kanalschichtenschalldämpfer (Mitte)

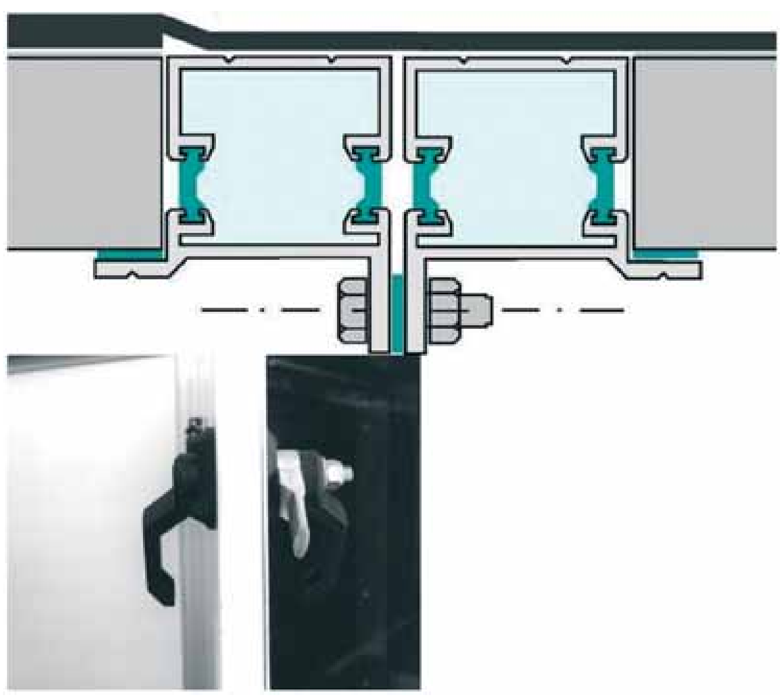


Abb. 12: weitere akustische Maßnahmen – Geräteentkopplung sowie doppelwandige Ausführung

Anlagenmonitoring

Im Hinblick auf das technische Gebäudemanagement steht heutzutage insbesondere der Lebenszyklus einer Anlage im Fokus. Am Anfang steht in diesem Fall die Notwendigkeit zur technischen Sanierung der abgängigen Anlagentechnik, die es, in welcher Form auch immer, zu sanieren gilt. Nach der Anlagenerstellung ist es jedoch wichtig, die Anlage richtig zu betreiben. Zur Vermeidung der Energievernichtung sollte sie unter ständiger Beobachtung, im sogenannten Monitoring, stehen. Aus Studiengebühren entsteht derzeit eine zusätzliche Gebäudeleittechnik (GLT) unter dem Aspekt eines permanenten Anlagenmonitorings. Dabei können sämtliche Anlagenfunktionen aus dem Hörsaal, vor den Augen der Studierenden, betrieben werden. Räume werden ein und ausgeschaltet. Sollwerte können verändert werden. Volumenströme, Temperaturen, Stellglieder oder CO_2-Gehalt der Raumluft visualisiert. Trends werden aufgezeichnet und geben Rückschlüsse auf das Anlagenverhalten. Jedes Detail wird dargestellt, so etwa die Prozessverläufe im h,x-Diagramm oder, wie in der Abb. ersichtlich, der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung.

Zusammenfassung

Im Klimalabor des TGA-Institut für Versorgungstechnik und technische Gebäudeausrüstung ist eine der mo-

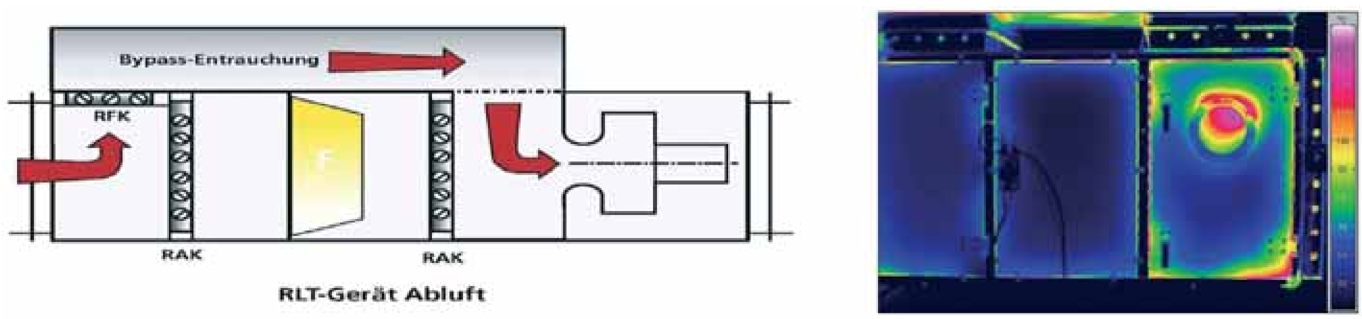


Abb. 13: Entrauchungsfunktion (exemplarisch abluftseitig) mit Thermographie im Entrauchungsfall

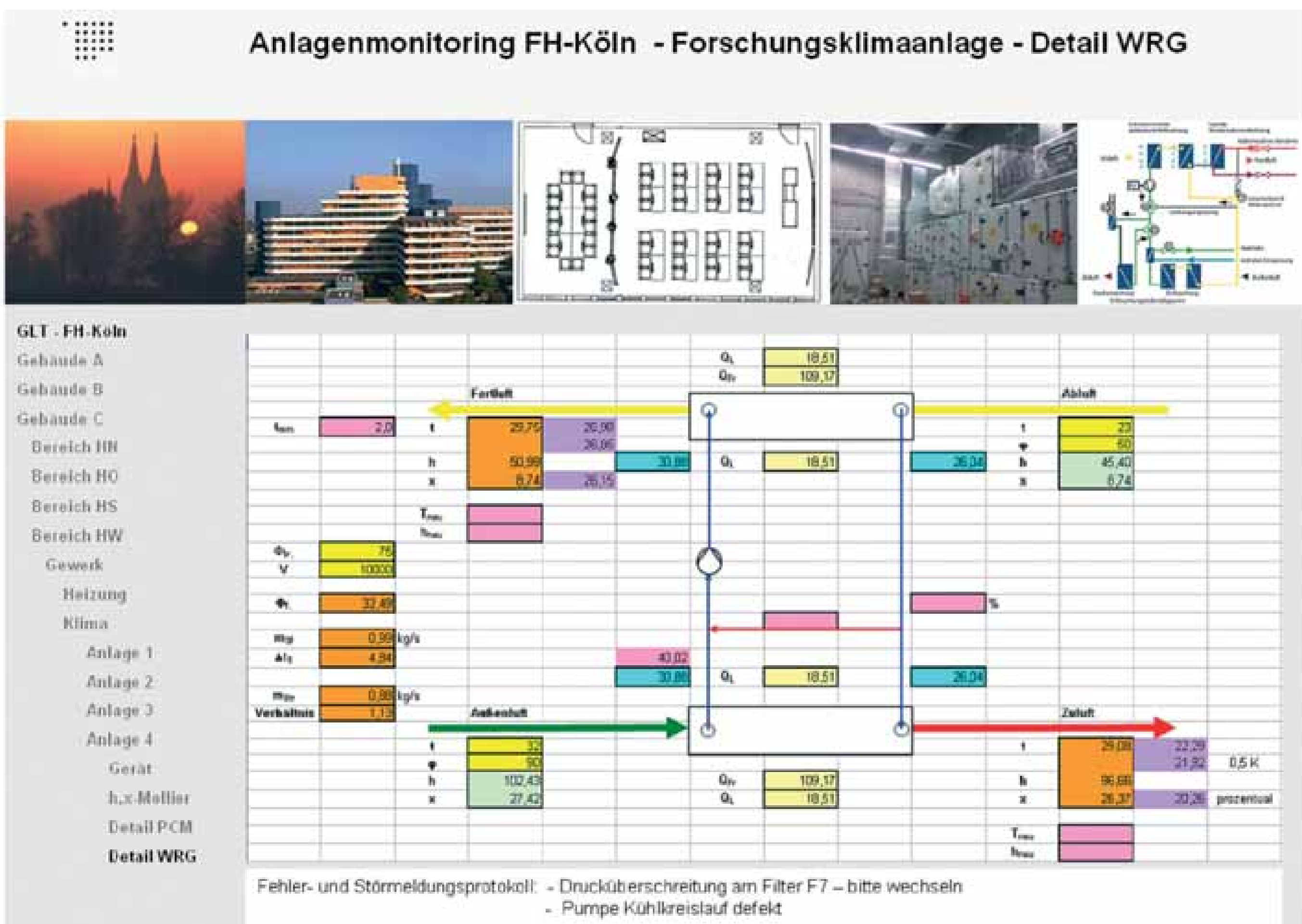


Abb. 14: Anlagenmonitoring via GLT - am Beispiel der Wärmerückgewinnung



dernsten Klimaanlagentechnologien ihrer Art installiert worden. Die Anlage zeichnet sich zum einen durch einen geringst möglichen Energieverbrauch aus, der über minimale Anlagenvolumenströme erzielt wird, die über CO_2-Sensoren variabel gefahren werden können. Kleine Volumenströme werden auch durch den Einsatz eines additiven Kühldeckensystems erzielt. Die zu erzeugende Kälte wird zu über 50 Prozent aus regenerativen Quellen gewonnen – so etwa über die Verdunstungskälte im Zentralgerät sowie über die Nachtkälte in Verbindung mit einem Paraffinlatentwärmespeicher. Zur Thematik PCM-Kältespeicherung existiert eine Kompetenzgruppe, in die zahlreiche Professoren und Studierende aktiv eingebunden sind. Ein Energievergleich ergibt, dass der energetische Mehraufwand für eine konventionelle Vergleichsanlage in etwa 5 fa höher ist.

Ein weiteres, ganz entscheidendes Merkmal ist ein hoher Hygienekomfort, der weit über den Anforderungen der entsprechenden VDI 6022 liegt. Zusätzlich zur normalen Filtrierung existiert, vor allem zu Versuchszwecken, eine UV-Entkeimung, wie sie in Krankenhäusern üblich ist. Eine Nanohybridbeschichtung sorgt innerhalb des Gerätes für den sogenannten Bionik-Effekt, der bewirkt, dass die Innenverkleidungen nicht mehr verschmutzen können. Weiter zu erwähnen ist der Dampfbefeuchter, der die Legionellengefahr gänzlich bannt.

Auch in Sachen Komfort setzt die Klimaanlage Maßstäbe. Die verdrallten Strahlen am Luftaustritt reduzieren Untertemperatur und Raumluftgeschwindigkeit auf ein Minimum, so dass es, bei den eh sehr geringen Luftvolumenströmen, zu keinerlei Zugerscheinungen kommen kann. Ein Kombinationsschalldämpfer realisiert das für den Vorlesungsbetrieb gewünschte Akustikspektrum über das komplette Oktavband. Die Anlagen können ansonsten direkt aus dem Raum über eine Raumbediengerät oder in den Vorlesungen über eine Gebäudeleittechnik (GLT) gemanagt werden.

Neben vielen weiteren Eigenschaften ist letztlich die Multifunktionalität des RLT-Gerätes zu erwähnen, welches neben der eigentlichen Heiz-/Kühl-,Be-/Entfeuchtungsfunktion in der Lage ist, Versammlungsstätten zu entrauchen. Diese Eigenschaft ist nahezu einmalig.

Andreas Henne / Johannes Goeke

Abstract

An der Fachhochschule Köln ist eine der modernsten Klimaanlagen der Welt installiert worden. Sie verbraucht die zurzeit geringst mögliche Menge an Energie und verfügt über hohen Hygienekomfort – zusätzlich zu normalen Filterung existiert eine UV-Entkeimung, wie sie in Krankenhäusern üblich ist. Eine Nanohybridbeschichtung bewirkt beispielsweise, dass die Innenverkleidungen nicht mehr verschmutzen können. Neben vielen weiteren Eigenschaften ist eine der wichtigsten die Multifunktionalität des RLT-Gerätes. Neben der eigentlichen Heiz-/Kühl-,Be-/Entfeuchtungsfunktion ist das Gerät in der Lage, Versammlungsstätten zu entrauchen. Diese Eigenschaft ist nahezu einmalig. Außerdem ist sie auch kostengünstiger als herkömmliche Anlagen: Mit dem Einsatz modernster Anlagentechnologie können bei einer 15-jährigen Laufzeit der Anlage rund 140.000 Euro an Energiekosten eingespart werden.

Projektleitung

Prof. Dr. Andreas Henne
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Technische Gebäudeausrüstung
andreas.henne@fh-koeln.de

Prof. Dr. Johannes Goeke
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
Institut für Technische Gebäudeausrüstung
johannes.goeke@fh-koeln.de

Das Recht der Unternehmenspacht

Der Unternehmenspacht kommt im modernen Wirtschaftsleben erhebliche Bedeutung zu. Mittelständische Unternehmen, bei denen eine Nachfolge ansteht, werden immer häufiger verpachtet. Die Pacht von Unternehmen kann einen Weg zur Existenzgründung, Vorstufe eines Unternehmenskaufs oder einen Weg zum Zusammenschluss von Unternehmen darstellen. Die Unternehmenspacht findet sich zwischen verbundenen Personen und bei der Betriebsaufspaltung. Daneben stehen seit jeher Gaststätten- sowie Apothekenpacht und auch die Landpacht. Stellungnahmen für den Bereich des Zivilrechts führen jedoch bis heute ein Schattendasein – obwohl die Unternehmenspacht aus Sicht des Steuerrechts ausführlich behandelt wird. Eine Übersicht über die Erscheinungsformen und die sich in der Praxis stellenden Fragen fehlt. Ebenso mangelt es an einer Bereichsdogmatik, auf deren Grundlage die zahlreichen, sich hier stellenden, Fragen einheitlich beantwortet werden können.

Bereichsdogmatik für die Unternehmenspacht

Die Arbeit entwirft im ersten Teil zunächst Definition und Bereichsdogmatik der Unternehmenspacht. Unternehmenspacht bedeutet, dass der Verpächter dem Pächter ein Unternehmen, in der Regel ein kleines oder mittleres Unternehmen gewerblicher Art, für eine längere Zeit überlässt, wobei er selbst Inhaber des Unternehmens bleibt. Der Pächter rückt auf schuldrechtlicher Grundlage in die Stellung als Unternehmer ein. Er führt das Unternehmen im eigenen Namen und auf eigene Rechnung, begrenzt durch die Inhaberstellung des Verpächters und zahlt als Gegenleistung die vereinbarte Pacht. Nach dem Ende der Pachtzeit hat der Pächter das Unternehmen dem Verpächter zurück zu überlassen. Inhaber- und Unternehmerstellung fallen dann wieder beim Verpächter zusammen.

Rechtliche Basis einer jeden Unternehmenspacht ist der Pachtvertrag. Die Parteien sind gut beraten, möglichst viele Fragen im Vertrag zu beantworten. Stellen sich später Fragen, für die es keine Vereinbarungen gibt, sind die Parteien und ihr Wille, Anhaltspunkte des konkreten Falles und die typischen Interessen ins Auge zu fassen. Kriterien sind die Aufspaltung der Zuständigkeit am Unternehmen, die enge Verbundenheit der Parteien und das besondere Gebot der Rücksichtnahme, die im Kern unveränderte Inhaberschaft des Verpächters bei gleichzeitigem Übergang einzelner Bestandteile auf den Pächter, das Erfordernis ordnungsmäßigen Handelns bei gleichzeitiger Existenz von Spielräumen, das Unternehmen als Rechtsobjekt, Einheit und lebendiger Organismus sowie die Sicht des Unternehmens als Rechtsperson.

So sind die sich stellenden Fragen regelmäßig zu beantworten. Die Gesetzesvorschriften des Allgemeinen Schuldrechts helfen zudem. Die Vorschriften des Pachtrechts, des Mietrechts und des Landpachtrechts passen demgegenüber nur begrenzt. Bei abweichenden Konstellationen verhält es sich entsprechend, also etwa wenn die Verpachtung nur für eine kurze Zeit erfolgt, die Unternehmenspacht eine Vorstufe für einen Unternehmenskauf darstellt, die Verpachtung an Angehörige oder potenzielle Erben erfolgt, die Inhaberschaft am Unternehmen weit auf den Pächter übergeht, wenn der Pächter das Unternehmen während der Pachtzeit erst selbst schaffen soll, bei Pachtverträgen zwischen verbundenen Personen, im Rahmen einer Betriebsaufspaltung, bei Verpachtungen in Notlagen, oder wenn die Unternehmenspacht einem Unternehmenszusammenschluss dient.

Schlüssige Beantwortung der zentralen Fragen

Im zweiten bis vierten Teil der Arbeit werden die sich bei einer Unternehmenspacht typischerweise stellenden Fragen ins Auge gefasst. Es wird gefragt, was die Parteien insoweit jeweils vereinbaren sollten und wie zu entscheiden ist, wenn die Parteien zu einer Frage Vereinbarungen nicht getroffen haben. Bei Überlassung führt dies dazu, dass der Verpächter das Unternehmen und seine Bestandteile typischerweise vollständig und was die Art anbelangt, so weit und zugleich nur so weit zu überlassen hat, wie dies zur Erlangung der Unternehmerstellung durch den Pächter erforderlich ist. Entspricht das Unternehmen bei Überlassung nicht dem Vereinbarten, führen die Gewährleistungsvorschriften des Miet- und Pachtrechts grundsätzlich zu zutreffenden Ergebnissen. Allerdings ist jeweils genau zu prüfen, wann die Voraussetzungen eines Defizits oder Mangels gegeben sind. Die Garantiehaftung des Gesetzes für anfängliche Mängel ist zu korrigieren. Auch kommt es streckenweise zu Korrekturen wegen Unzumutbarkeit.

Während der Pachtzeit hat der Pächter das Unternehmen wie ein sorgfältiger und gewissenhafter Unternehmer im eigenen Namen und auf eigene Rechnung zu betreiben, wobei ihm Spielräume unternehmerischen Handelns zustehen. Für den Erhalt des Unternehmens ist typischerweise der Pächter zuständig. Er trägt während der Pachtzeit die Lasten des Unternehmens. Die Gewinne und Verluste der Pachtzeit sind dem Pächter zugeordnet. Bei Abweichungen vom Vereinbarten während der Pachtzeit führen die Gewährleistungsvorschriften auch hier zu grundsätzlich zutreffenden Ergebnissen. Bei sonstigen Störungen erweisen sich die Vorschriften betreffend Pflichtverletzung, Unmöglichkeit und Verzug als weitgehend passend.

Am Pachtende hat der Pächter dem Verpächter, vorbehaltlich abweichender Vereinbarungen, alle Unternehmensbestandteile zurück zu überlassen und ihm zudem die Inhaberschaft an ihnen, soweit der Verpächter nicht ohnehin Inhaber ist, zu verschaffen. Das Unternehmen muss vertragsgemäß sein, sich also prinzipiell in einem Zustand befinden, der dem Zustand entspricht, der sich ergibt, wenn der Pächter das Unternehmen nach Überlassung ordnungsmäßig fortgeführt hat. Ausgleichsansprüche können sich ergeben, wenn es zwischen Pachtbeginn und -ende zwischen Verpächter und Pächter zu Inhaberschaftswechseln an Unternehmensbestandteilen in erheblichem Umfang gekommen ist. Ausgleichsansprüche können sich auch, allerdings nur sehr selten, ergeben, wenn der Wert des Unternehmens während der Pachtzeit erheblich gesunken oder gestiegen ist.

Neben diesen Kernergebnissen finden sich zahlreiche weitere Ergebnisse, etwa dass der Verpächter das Unternehmen zwischen Vertragsschluss und Überlassung in der Regel fortzuführen hat wie bisher, dass bei Über-



lassung wie Rücküberlassung der Einführung des Pächters oder Verpächters in den Tätigkeitsbereich erhebliche Bedeutung zukommt, dass jede Partei eine Dokumentation der Überlassung beziehungsweise der Rücküberlassung verlangen kann, dass der Verpächter während der Pachtzeit regelmäßig von Pflichten betreffend das Unternehmen frei sein wird, dass bei unerwartet eintretenden Ereignissen stets genau zu prüfen ist, in wessen Verantwortungsbereich diese fallen, dass Störungen der Geschäftsgrundlage selten sind oder dass im Zweifel von einer Kündigungsfrist von einem halben Jahr zum Ende des Geschäftsjahres auszugehen ist. So ergibt sich insgesamt ein schlüssiges Bild.

Gesetzentwurf: Die Unternehmenspacht im BGB

Den Abschluss der Arbeit bildet ein Gesetzentwurf zur Unternehmenspacht. Denn die Unternehmenspacht stellt, wie die Landpacht, einen eigenen Vertragstypus dar, freilich in zentralen Punkten unterschieden vom Landpachtvertrag. Eine Regelung der Unternehmenspacht im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) würde die in Rechtsprechung und Schrifttum bestehenden Unklarheiten zumindest streckenweise beseitigen. Zugleich könnte so den Stimmen Rechnung getragen werden, die die Vorschriften betreffend den Pachtvertrag als weitgehend überflüssig ansehen und vorschlagen, stattdessen neben dem Landpachtvertrag noch weitere Regelungsbereiche speziell für Jagd- und Fischereipachtverträge oder für Betriebsüberlassungsverträge in das BGB aufzunehmen. Auf die Regelungen zum Landpachtvertrag sollte daher ein weiterer Untertitel zum Unternehmenspachtvertrag folgen, der am Ende der Arbeit entworfen wird.

Hierfür spricht auch, dass dem Unternehmen als Rechtsobjekt auf diese Weise mehr Rechnung getragen würde. Dies gilt für die Berücksichtigung des Unternehmens als lebendiger Organismus des Wirtschaftslebens. Dies gilt aber auch für die teils schwierigen und vom Allgemeinen abweichenden rechtlichen Wertungen, die sich bei der Unternehmenspacht, insbesondere bei der Aufspaltung von Inhaberschaft und Unternehmerschaft, während der Pachtzeit sowie hinsichtlich der engen Verbundenheit von Verpächter und Pächter ergeben. Dass Konstellationen immer wieder von der Grundform abweichen, widerspricht dem nicht. Denn die Vorschriften des Gesetzes sind dispositiv. Zudem werden sich Abweichungen vor dem Hintergrund einer gesetzlichen Regelung besser konstatieren und beurteilen lassen.

Interdisziplinarität, Praxis- und Lehrbezug

Die Fragen, die sich bei der Unternehmenspacht stellen, sind immer mit Blick auf alle relevanten Bereiche zu beantworten. Zwar ist primärer Ausgangpunkt das Bürgerliche Recht. An zahlreichen Stellen sind jedoch zugleich Implikationen des Handelsrechts, des Konzernrechts, des Steuerrechts, der Betriebswirtschaftslehre, teils auch des Arbeitsrechts oder des Kartellrechts oder psychologische Aspekte zu berücksichtigen. Erst die Zusammenschau dieser Aspekte führt zu zutreffenden Vertragsempfehlungen und, später, zu zutreffenden Antworten auf sich stellende Fragen.

Für die Praxis kommt den Vertragsempfehlungen und den Antworten auf die sich während einer Unternehmenspacht stellenden Fragen zentrale Bedeutung zu. Dies gilt umso mehr, als die Unternehmenspacht in der Praxis immer wichtiger wird. In Nordrhein-Westfalen werden in den kommenden Jahren zahlreiche Unternehmen auf die nächste Generation übergehen. Die Unternehmenspacht wird hier ein Weg der Gestaltung sein. Auf der anderen Seite stellt für denjenigen, der eine unternehmerische Tätigkeit beginnen will, die Unternehmenspacht einen Weg dar, dieses Ziel zu erreichen. Im Rahmen von zwei Seminaren mit studentischer Beteiligung sowie einer Vorlesung zum Unternehmensrecht sind besonders die letztgenannten Aspekte bereits in den Lehrbetrieb eingeflossen.

Friedrich Klein-Blenkers

Abstract

Der Unternehmenspacht kommt im modernen Wirtschaftsleben erhebliche Bedeutung zu. Insbesondere mittelständische Unternehmen, bei denen eine Nachfolgeregelung getroffen werden soll, werden häufig verpachtet. Die Regelungen zur Unternehmenspacht waren bisher sehr unsystematisch dargestellt. Die jetzt vorliegende Arbeit zum Recht der Unternehmenspacht entwirft die überfällige Bereichsdogmatik und gibt auf deren Grundlage Antworten auf praxisrelevante Fragen, etwa der Überlassung, des Betriebs und des Erhalts, der Rücküberlassung des Unternehmens oder der in Betracht kommenden Leistungsstörungen. Vorschläge zur Vertragsgestaltung sowie ein Gesetzentwurf zur Unternehmenspacht ergänzen die Überlegungen.

Projektleitung

Prof. Dr. jur. Friedrich Klein-Blenkers
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Institut für Betriebswirtschaftslehre
Friedrich.klein-blenkers@fh-koeln.de

Literatur

Prof. Dr. jur. Friedrich Klein-Blenkers: Recht der Unternehmenspacht. Nomos Verlag (Baden-Baden), 398 S., 2008. ISBN 978-3-8329-3820-8

Kulturelle Herkunft und Lernverhalten von Studierenden

In klassischen Lehrveranstaltungen reagieren Studierende manchmal sehr unterschiedlich auf bestimmte Lehrmethoden. Meist kommen diese Studierenden aus unterschiedlichen Ländern. Ausländer und Migranten haben andere Vorstellungen vom Lernen und Lehren als die einheimischen Studierenden. Moralvorstellungen unterschiedlicher kultureller Gruppen können leicht verletzt werden. Außerdem reagieren auch Männer und Frauen unterschiedlich auf Lehrmethoden. Ein Grund für die unterschiedliche Reaktion auf Lehrmethoden kann die kulturelle Herkunft der Studierenden sein. Um diese Hypothese zu prüfen, wurden 3.593 Studierende aus 48 Ländern hinsichtlich ihrer Einschätzung von Interaktionsformen, Aufgabentypen, Lerninhalten, Gruppenverhalten und anderer Aspekte des Lernens befragt. Eine Diskriminanzanalyse zeigte, dass sich die teilnehmenden Studierenden in den abgefragten Aspekten hinsichtlich ihrer Anforderungen an Lernumgebungen unterscheiden. Einzelanalysen haben Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Detail aufgedeckt. Obwohl wir die Umfrage nicht explizit auf den Kulturdimensionen des niederländischen Kulturwissenschaftlers Geert Hofstede (vgl. Hofstede, 1989) aufgebaut hatten, haben wir versucht, Beziehungen zwischen den Antworten auf unsere Fragen und den Indexwerten von Hofstede für die untersuchten Länder zu finden. Dadurch wollten wir zusätzliche Hinweise darauf erhalten, wie sich die Studierenden von Ländern mit bestimmten Werten jeder der Kulturdimensionen von Hofstede in ihren Lernprozessen verhalten.

Kultur und Lernen

In der Literatur gibt es verschiedene Definitionen für den Begriff „Kultur". Hofstede (vgl. Hofstede, 1989) beschreibt Kultur beispielsweise als „mentale Software", welche die Muster des Denkens, Fühlens und Handelns bestimmt, die in Werte und Werthaltungen übergehen. Fons Trompenaars (vgl. Trompenaars, 1995) dagegen sieht Kultur als allgemeine geteilte Normen und Werte an, die auf die Ausprägung von Einstellungen und Verhaltensweisen wirken. Alexander Thomas beschreibt Kultur als die „Arten des Wahrnehmens, Denkens, Wertens und Handelns, die … als normal, typisch und verbindlich angesehen werden." (Thomas, 2003). Diesen Begriffserklärungen ist gemein, dass sie eine Einwirkung der Kultur auf das Wahrnehmen, Denken und Handeln beschreiben. Auch das Lernen wird maßgeblich durch die Art des Wahrnehmens, Denkens und Handelns bestimmt. „Gemeinsames Merkmal aller Lernprozesse ist die (unmittelbare oder sozial vermittelte) Erfahrungsbildung" (vgl. Edelmann, 2000, S. 277). Dieser Zusammenhang liegt der Hauptthese dieses Artikels zugrunde. Wir erwarten, dass die kulturelle Herkunft das Lernverhalten der Studierenden beeinflusst.

Vergleich mehrerer Kulturen

In dieser Studie wurde ein ethisches Vorgehen gewählt (vgl. Helfrich, 2003). Es wird ein Vergleich mehrerer Kulturen angestrebt. Als Vergleichsstruktur dienen die Fragen in den Teilen A bis C des Fragebogens. Allerdings führt Jürgen Straub (vgl. Straub, 2003) aus, dass in der sich zunehmend globalisierenden Welt Kultur nicht mehr nur an den ethnischen, religiösen und politischen Merkmalen ablesbar ist. Aber Kultur muss operationalisiert werden, um sie einer Erforschung zugänglich zu machen. Dies geschieht häufig „in Form bestimmter kultureller Merkmale wie etwa schulische Bedingungen, Erziehungsstile oder soziale Wertorientierungen" (Helfrich, 2003). Die vermuteten bestimmenden Merkmale wurden im Rahmen dieser Studie im Teil D des Fragebogens abgefragt.
Einige der mit den erhobenen Daten durchgeführten Analysen benutzen Hofstedes System der fünf Kulturdimensionen, die er aus einer großen Umfrage und weiterführenden Arbeiten abgeleitet hat (vgl. Hofstede, 1989):

- Der Power Distance Index (PDI) bezieht sich auf die Gleichheit beziehungsweise Ungleichheit in der Gesellschaft. Ein hoher PDI zeigt große Ungleichheit an.
- Der InDiVidualism Index (IDV) bezieht sich auf den Individualismus oder Kollektivismus in einer Gesellschaft. Ein hoher IDV bedeutet starken Individualismus.
- Der MASculinity Index (MAS) bezieht sich darauf, wie ausgeprägt männliche oder weibliche Werte in einer Gesellschaft sind. Ein hoher MAS zeigt an, dass männliche Werte sehr wichtig sind.
- Der Uncertainty Avoidance Index (UAI) bezieht sich auf die Toleranz oder Intoleranz in einer Gesellschaft gegenüber unsicheren Situationen. Ein hoher UAI zeigt an, dass die Menschen sehr bemüht sind, unsichere Situationen zu vermeiden.
- Der Long-Term-Orientation Index (LTO) bezieht sich darauf, ob sich die Gesellschaft selbst eher an der Zukunft oder eher an der Gegenwart orientiert. Ein hoher LTO zeigt an, dass die Zukunft eine große Rolle spielt (Sparsamkeit, Tradition, Gesichtswahrung).

Struktur der Umfrage und Stichprobe

Der eingesetzte Fragebogen bestand aus 36 Fragekomplexen, welche in vier Teile aufgeteilt waren, die jeweils unterschiedliche Aspekte des Lernverhaltens, der Erwartungen und der persönlichen Umgebung abfragten:
Teil A) – Selbsteinschätzung der Lerngewohnheiten und der Motivation zum Lernen
Teil B) – Darstellung von Lernmaterial, Ergebnissen und Aufgabentypen
Teil C) – Kommunikationsbedarf
Teil D) –persönliche Situation, Umgebung, Computerzugriff

Das Hauptziel der Befragung war es, bevorzugte Interaktionsformen, Aufgabentypen, Lerninhalte und Gruppenverhalten zu identifizieren. Anforderungen an das Design von Web-Anwendungen wurden bewusst nicht untersucht, weil 1) diese Untersuchung nicht auf E-Learning beschränkt ist, sondern sich mit Lernumgebungen im Allgemeinen befasst, und 2) es bereits viele Untersuchungen über das Design von Web-Interfaces zur Nutzung in internationalen Umgebungen gibt (vgl. auch Thissen, 2003).
3.593 Studierende aus 48 Ländern beantworteten den Fragebogen. Wir haben nur die Studierenden berücksichtigt, die im selben Land aufgewachsen sind, in dem sie sich normalerweise aufhalten. Die Mehrzahl der Teilnehmer kam aus China (85), Dänemark (141), Deutschland (989), Mexiko (111), Polen (219), Rumänien (143), Russland (341), Schweden (606), der Türkei (99) und den USA (416)[a] (siehe Abb. 1).



Diskriminanzanalyse

Zuerst wurde die Frage untersucht, ob sich Studierende unterschiedlicher Länder in ihren Anforderungen an Lernumgebungen unterscheiden. Um diese Frage zu beantworten, wurde eine Diskriminanzanalyse (vgl. Backhaus et al., 2003) durchgeführt. 37 Variablen wurden in die Diskriminanzanalyse einbezogen. Alle diese Variablen diskriminieren signifikant.

Uns interessierte der Unterschied zwischen den Antworten der zehn Länder. Basierend auf den Antworten von diesen Ländern konnten neun Diskriminanzfunktionen hergeleitet werden. Die erste von ihnen trägt 36,4 Prozent zur Erklärung der Unterschiede bei. Die zweite Funktion trägt 23,6 Prozent bei. Alle neun Diskriminanzfunktionen trennen die 10 Länder klar voneinander (siehe Abb. 2). Das Signifikanzniveau des Qualitätskriteriums Wilk's Lambda für den Test der Funktion(en) war in allen Fällen p=0,000.

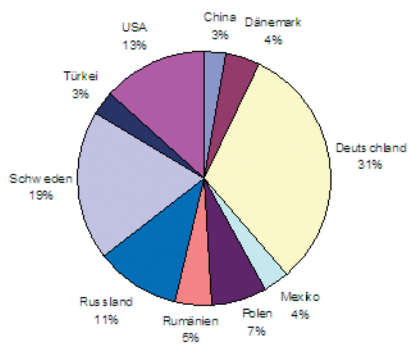


Abb. 1: Die Stichprobe

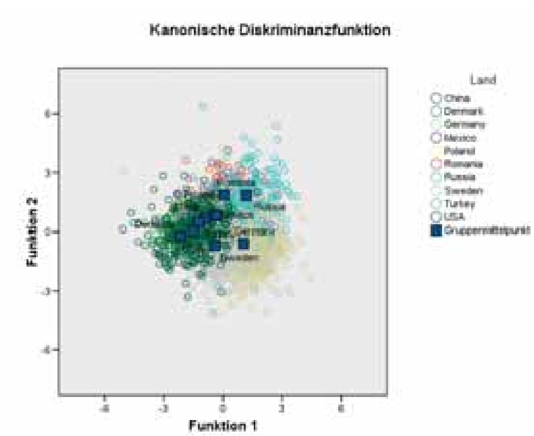


Abb. 2: Ergebnis der Diskriminanzanalyse

Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Detail

Um Aspekte zu finden, in denen sich die Länder voneinander unterscheiden, sind wir den Kulturdimensionen von Hofstede (siehe oben) gefolgt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Indexwerte der betrachteten Länder. Die Länder haben unterschiedliche Werte für PDI, IDV, MAS und UAI. Aber es gibt im Wesentlichen nur zwei Werte für LTO: 118 und etwa 30. Für Dänemark, Mexiko, Rumänien, Russland und die Türkei gibt es gar keine Werte für LTO. Deshalb haben wir LTO nicht in die weitere Analyse einbezogen.

Um festzustellen, wie die Indexwerte in Tabelle 1 mit der Wichtigkeit der in der Umfrage abgefragten Aspekte zusammenhängen, haben wir Kendall's tau-b als Größe für einen gerichteten Zusammenhang verwendet. Je größer der gerichtete Zusammenhang zwischen dem Indexwert und der Wichtigkeit des jeweils abgefragten Aspekts ist, desto größer ist dieser Wert. Große Wichtigkeit führt zu positiven Werten, geringe Wichtigkeit (Unwichtigkeit) führt zu negativen Werten. Im Folgenden werden nur die Werte gezeigt, die auf einem Niveau von p<0,05 signifikant sind.

Art zu lernen

Abb. 3 zeigt die resultierenden Muster in der Gruppe der Fragen hinsichtlich der Art zu lernen. Es ist zu sehen, dass zu lernen, „wie jemand anderes es getan hat" und „auswendig lernen" dasselbe Muster der Zusammenhänge aufweist. Dieses Muster ist genau entgegengesetzt zum Muster des Lernens durch das „eigene Ausprobieren".

Überraschend ist, dass Menschen mit einem hohen UAI scheinbar „sichere" Arten zu lernen, also „wie jemand anderes es getan hat" oder „auswendig lernen" ablehnen.

Aufgabentypen

Abb. 4 zeigt die resultierenden Muster in der Gruppe der Fragen hinsichtlich der Aufgabentypen. Es ist zu sehen, dass die Muster für freie Textaufgaben und Ein-Wort-Aufgaben gleich sind. Das Muster für Wettbewerbsaufgaben ist das genaue Gegenteil dieses Musters.

Überraschend ist, dass Individualisten Wettbewerbsaufgaben ablehnen, obwohl sie im Allgemeinen als Menschen angesehen werden, die in Wettbewerben gewinnen wollen. Möglicherweise scheuen sie aber auch den Gesichtsverlust, wenn sie den Wettbewerb nicht gewinnen oder wollen sich in keiner Art und Weise mit anderen auseinander setzen. Ebenso überraschend ist, dass Menschen mit hohem UAI Aufgabentypen mit vordefinierter Antwort wie Ein-Wort-Aufgaben und Multiple-

[a] Sie kommen überwiegend aus Florida. Trotzdem werden sie im Folgenden als aus den USA kommend betrachtet.

	China*	Dänemark	Deutschland	Mexiko	Polen*	Rumänien*	Russland*	Schweden	Türkei	USA
PDI	80	18	35	81	68	90	93	31	66	40
IDV	80	74	67	30	60	30	39	71	37	91
MAS	66	16	66	69	64	42	36	5	45	62
UAI	30	23	65	82	93	90	95	29	85	46
LTO	118		31		32			33		29

* geschätzte Werte

Tabelle 1: Die Indexwerte von Hofstede für die untersuchten Länder (vgl. Hofstede, 2006)



Abb. 3: Art zu lernen

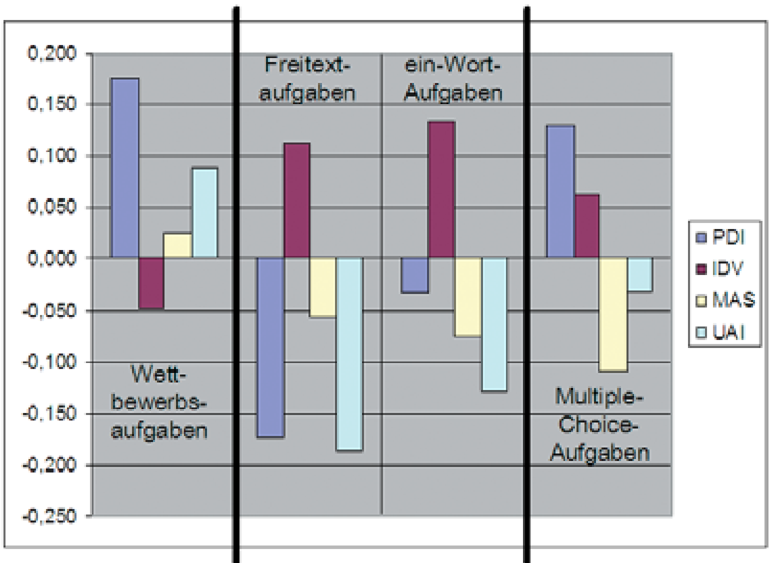


Abb. 4: Aufgabentypen

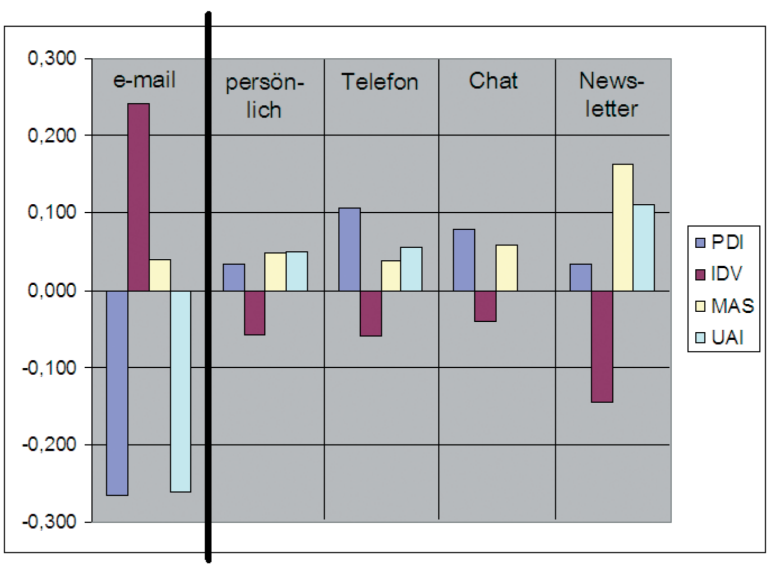


Abb. 5: Kommunikation mit den Dozenten

Choice-Aufgaben ablehnen, obwohl diese durch ihre klare Anweisungsform und Strukturierung eher zu den „sicheren" Aufgaben gezählt werden könnten.

Kommunikation mit den Dozenten

Abb. 5 zeigt die resultierenden Muster in der Gruppe der Fragen hinsichtlich der Kommunikation mit den Dozenten. Die Muster sind alle annähernd gleich, außer dem Muster für E-Mail-Kommunikation. Dies ist nahezu das genaue Gegenteil der anderen Muster, mit Ausnahme der strikten Ablehnung von E-Mail-Kommunikation durch Menschen mit hohem UAI. Auffallend ist, dass Individualisten alle angefragten Kommunikationsmedien ablehnen und nur E-Mail-Kommunikation für sehr wichtig empfinden.

Die Muster dieser Fragengruppe sind denen aus der Gruppe der Fragen hinsichtlich der Kommunikation mit Kommilitonen sehr ähnlich.

Anforderungen an die Dozenten

Abb. 6 zeigt die resultierenden Muster in der Gruppe der Fragen hinsichtlich der Anforderungen an die Dozenten. In dieser Gruppe der Fragen fallen die Muster recht gemischt aus. Sie zeigen einerseits erwartete Zusammenhänge. So wollen Menschen mit hohem UAI motiviert werden. Anscheinend hilft ihnen das, klar zu verstehen, wo sie stehen und was sie tun sollen. Sie zeigen andererseits aber auch Überraschungen. So wollen Menschen mit hohem MAS gelobt werden, was aber in westlichen Kulturen eher als weibliches Verhalten oder femininer Wert angesehen wird.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Diskriminanzanalyse hat gezeigt, dass sich die teilnehmenden Studierenden in den abgefragten Aspekten hinsichtlich der Anforderungen an die Lernumgebung unterscheiden. Während die a-priori-Wahrscheinlichkeit der richtigen Zuordnung der Studierenden zu ihren Ländern 10,0 Prozent beträgt, können mithilfe der gefundenen Diskriminanzfunktionen 65,6 Prozent aller Studierenden korrekt zugeordnet werden. Die Einzelanalysen der jeweiligen Fragen haben Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Detail aufgezeigt. Wir haben einige sichtbare Muster gefunden, die zwischen den Kulturindexwerten von Hofstede unterscheiden – etwa selbst auszuprobieren im Gegensatz zum Auswendig-Lernen oder zum Lernen, wie es andere gemacht haben. Die Vorlieben für bestimmte Aufgabentypen unterscheiden sich ebenfalls: Ein-Wort-Aufgaben und freie Textaufgaben im Gegensatz zu Wettbewerbsaufgaben im Gegensatz zu Multiple-Choice-Fragen. Individualisten legen kaum Wert auf Kommunikation, außer per E-Mail.

Empfehlungen

Es ist leichter, in gewohnten Umgebungen zu lernen. Die Motivation, sich mit dem Lernmaterial zu befassen, ist



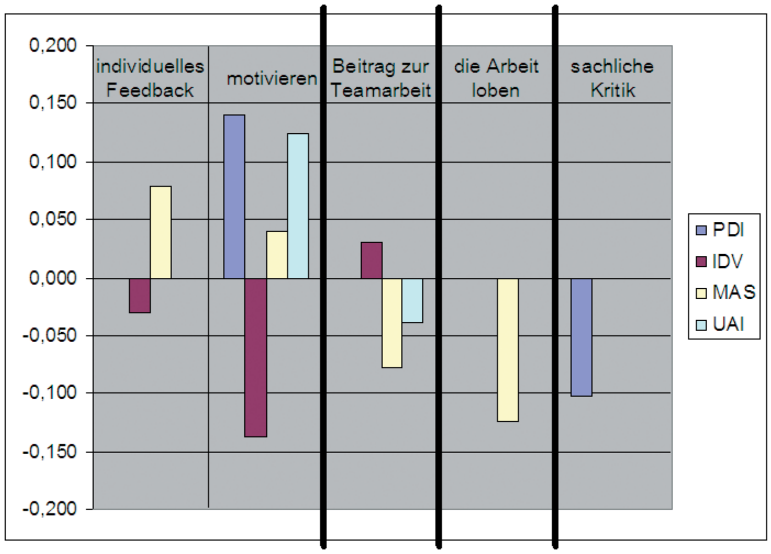


Abb. 6: Anforderungen an Dozenten

dann höher. Je besser die Lehrenden in der Lage sind, die Bedürfnisse ihrer Studierenden zu erfüllen und sie in ungewohnte Lernprozesse einzuführen, desto höher wird die Lernmotivation sein und ein desto höherer Lernerfolg kann erwartet werden. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie können folgende Empfehlungen ausgesprochen werden:

- In homogenen Lerngruppen sollten die Anforderungen dieser kulturellen Gruppe erfüllt werden. Die Ergebnisse dieser Studie können erste Hinweise auf diese Anforderungen geben.
- In multi-kulturellen Gruppen sollte den Studierenden eine breite Palette an Möglichkeiten angeboten werden. So können die Studierenden die jeweils für sie am besten passenden Alternativen auswählen.
- Um die breit gestreuten Anforderungen an die Art der Kommunikation zu erfüllen, sollten verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten angeboten werden. Besondere Aufmerksamkeit ist persönlichen und nahen Kommunikationsmöglichkeiten zu widmen. Lehrende sollten erfahren in E-Mail-Kommunikation sein.

Ausblick

Einige der Ergebnisse der Studie stimmen nicht mit den Stereotypen für bestimmte Indexwerte von Hofstede überein, besonders auf Individualisten treffen sie nicht in jedem Fall zu. Außerdem stimmen die Ergebnisse nicht immer mit den stereotypen westlichen Vorstellungen für männliche und weibliche Werte überein. Hier muss eine differenziertere Interpretation der Ergebnisse vorgenommen werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die Indexwerte von Hofstede wirklich das wahre Verhalten von Menschen widerspiegeln. Eine Möglichkeit ist, dass diese Werte in Unternehmen, aber nicht an Hochschulen gültig sind. Die Ergebnisse dieser Studie sollten mit weiteren Kulturschemata etwa von Hall, Trompenaars oder anderen ins Verhältnis gesetzt werden.

Außerdem ist die Frage noch nicht untersucht, in welchem Ausmaße das Geschlecht, das Alter oder die gewählte Fachrichtung der Studierenden ihre Anforderungen an Lernumgebungen beeinflussen. Diese Aspekte gehören ebenfalls zur kulturellen Herkunft. Es ist zu erwarten, dass die Einbeziehung dieser Aspekte die Ergebnisse modifizieren und detaillieren wird.

Es werden weitere Länder in die Untersuchung einbezogen werden – etwa Albanien, Südafrika und Spanien. Die Ergebnisse aller Analysen werden unter www.susann-kowalski.de, Link intercultural im Internet zur Verfügung gestellt.

Susann Kowalski

Abstract

In klassischen Lehrveranstaltungen reagieren Studierende manchmal sehr unterschiedlich auf bestimmte Lehrmethoden. Ein Grund für die unterschiedliche Reaktion auf Lehrmethoden kann die kulturelle Herkunft der Studierenden sein. Um diese Hypothese zu prüfen, wurden 3.593 Studierende aus 48 Ländern hinsichtlich ihrer Einschätzung von Interaktionsformen, Aufgabentypen, Lerninhalten, Gruppenverhalten und anderer Aspekte des Lernens befragt. Verschiedenartige Auswertungen haben Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede gezeigt. Eine überraschende Erkenntnis der Untersuchung ist beispielsweise, dass Individualisten Wettbewerbsaufgaben und alle angefragten Kommunikationsmedien ablehnen – nur E-Mail-Kommunikation empfinden sie als sehr wichtig.

Projektleitung

Prof. Dr. Susann Kowalski
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
susann.kowalski@fh-koeln.de

Literatur

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (2003). Multivariate Analysemethoden. Heidelberg: Springer

Edelmann, W. (2000). Lernpsychologie. 6. Auflage, Psychologie Verlags Union, Weinheim

Hall, E. (1976). Beyond Culture. Anchor Books Doubleday

Helfrich, H. (2003). Methodologie kulturvergleichender psychologischer Forschung. In: A. Thomas (Hg.), Kulturvergleichende Psychologie. Göttingen. Seiten 111-138

Hofstede, G. (1989). Culture's consequences: International differences in work-related values. Newbury Park, CA

Hofstede, G. (2006). Geert Hofstede™ Cultural Dimensions. www.geert-hofstede.com/, Zugriff: 29.12.2006

Straub, J. (2003). Psychologie und die Kulturen in einer globalisierten Welt. In: A. Thomas (Hg.), Kulturvergleichende Psychologie. Göttingen, Seiten 543-566

Thissen, F. (2003). Kompendium Screen Design. Effektiv informieren und kommunizieren mit Multimedia. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin

Thomas, A. (2003). Kultur und Kulturstandards. In: A. Thomas, E.-U. Kinast, S. Schroll-Mache (Hg.), Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kooperation. Band 1: Grundlagen und Praxisfelder. Göttingen. Seiten 19-31

Trompenaars, F. (1995). Riding the waves of culture: Understanding cultural diversity in business. London



„Futurizing Oberberg" – Die Zukunft des Oberbergischen Kreises im Urteil von Experten

Gefragt wurde nach der Zukunftsperspektive des Oberbergischen Kreises (GM). Durch Analyse von Statistiken und durch Vorgespräche mit Verantwortlichen gliederten wir den Horizont des Oberbergischen in mehrere Vektoren. Diese nannten wir ‚Zukunftsbrücken'. Unsere ‚Zukunftsbrücken' waren:
- Arbeit, Beruf und Wirtschaft
- Innovation und Zukunftstechnologien
- Bildung
- Lebensqualität
- Frau, Familie und Kinder
- Eigeninitiative, Partizipation und Identifikation.

Zudem fragten wir nach den Stärken und Schwächen des Kreises im Wettbewerb mit den umliegenden Kreisen. Auch danach, ob und wie der Oberbergische Kreis seine Ressourcen im Wettbewerb der Kreise nutzt. Schließlich fragten wir nach dem ‚typischen Oberberger': Gibt es diesen wirklich oder handelt es sich um ein flüchtiges Vorurteil?

Methode

Wir entschieden uns für den Weg eines offenen, schwach-strukturierten Interviews. Nach dieser Methode wurden 65 Personen befragt. Die Gespräche dauerten zum Teil länger als 2 Stunden. Die Befragten mussten mit den Lebensbedingungen in Oberberg vertraut sein und in einer verantwortungsvollen, mit Zukunftsaufgaben betrauten Position stehen. Das waren z.B. Politiker, Schulleiter, Berater, Journalisten, Unternehmer und Manager. Fast alle Personen, die wir ansprachen, stellten sich dem Interview mit großem Interesse.

Ergebnisse: Denn wer hat, dem wird gegeben

Die Befragung erschreckt mit dem Meilenstein: GM nutzt nur 40% seiner Ressourcen im Wettbewerb! Manche Schätze liegen brach. Die strategische Wucht könnten stärker sein.

Faktoren, wie die Lage zwischen Ballungsgebieten, die mittelständische Wirtschaft, innovative Dienste und Produkte, Natur und Landschaft, sowie der Arbeitsethos der Bevölkerung machen den Kreis stark. Anderes macht ihn schwach, v.a. die schlechte Verkehrsanbindung, die Unattraktivität von Städten und Gemeinden, eine geringe Vernetzung von Verantwortlichen, Schwächen bei der Eigeninitiative. Im Soll/Ist-Vergleich der ‚Zukunftsbrücken' schneiden schlecht ab: Frau, Familie und Kinder sowie Eigeninitiative und Partizipation. Stark erscheinen dagegen die Bereiche: Lebensqualität, Arbeit, Beruf und Wirtschaft, sowie Innovation und Zukunftstechnologien. Insgesamt gesehen und im Vergleich mit den Nachbarkreisen präsentiert sich das Oberbergische im oberen Mittelfeld der Indikatoren. Als Hauptkonkurrenten werden v.a. der Rheinisch-Bergische Kreis (GL) und der Rhein-Sieg-Kreis (SU) gesehen. Man sorgt sich um den „dicken Bauch auf dünnen Beinen", d.h. um Bürgerschwundund Überalterung. Die jetzt produktiven Schichten hinterlassen krasse Lücken. Der Arbeitskräftemangel ist vorprogrammiert. Als Falle für die Zukunft erweist sich der ‚verwaltete Bürger', der es untertänigst mit sich machen lässt, - man wartet ab und hofft auf Hilfe von ‚oben'. Und wartet, - der Schatz im Acker?

Faktoren, wie die Lage zwischen Ballungsgebieten, die mittelständische Wirtschaft, innovative Dienste und Produkte, Natur und Landschaft, sowie der Arbeitsethos der Bevölkerung machen den Kreis stark. Anderes macht ihn schwach, v.a. die schlechte Verkehrsanbindung, die Unattraktivität von Städten und Gemeinden, eine geringe Vernetzung von Verantwortlichen, Schwächen bei der Eigeninitiative. Im Soll/Ist-Vergleich der ‚Zukunftsbrücken' schneiden schlecht ab: Frau, Familie und Kinder sowie Eigeninitiative und Partizipation. Stark erscheinen dagegen die Bereiche: Lebensqualität, Arbeit, Beruf und Wirtschaft, sowie Innovation und Zukunftstechnologien. Insgesamt gesehen und im Vergleich mit den Nachbarkreisen präsentiert sich das Oberbergische im oberen Mittelfeld der Indikatoren. Als Hauptkonkurrenten werden v.a. der Rheinisch-Bergische Kreis (GL) und der Rhein-Sieg-Kreis (SU) gesehen. Man sorgt sich um den „dicken Bauch auf dünnen Beinen", d.h. um Bürgerschwund- und Überalterung. Die jetzt produktiven Schichten hinterlassen krasse Lücken. Der Arbeitskräftemangel ist vorprogrammiert. Als Falle für die Zukunft erweist sich der ‚verwaltete Bürger', der es untertänigst mit sich machen lässt, - man wartet ab und hofft auf Hilfe von ‚oben'. Und wartet, - der Schatz im Acker?

Warum und nun?

Als Mitglieder des Campus Gummersbach der FH Köln wollten wir uns an der Diskussion um die Zukunft des Oberbergischen beteiligen. Wir sammelten und erforschten Meinungen. Das taten wir ohne einen bestimmten Standpunkt, etwa parteipolitischer Art, zu beziehen. Wir wollten auch nicht und nichts besser wissen. Wir wollten lediglich Meinungen von Experten sammeln und diese verdichtet an die Kommunalpolitik weiterreichen. Das haben wir getan. Wir haben unsere Ergeb-

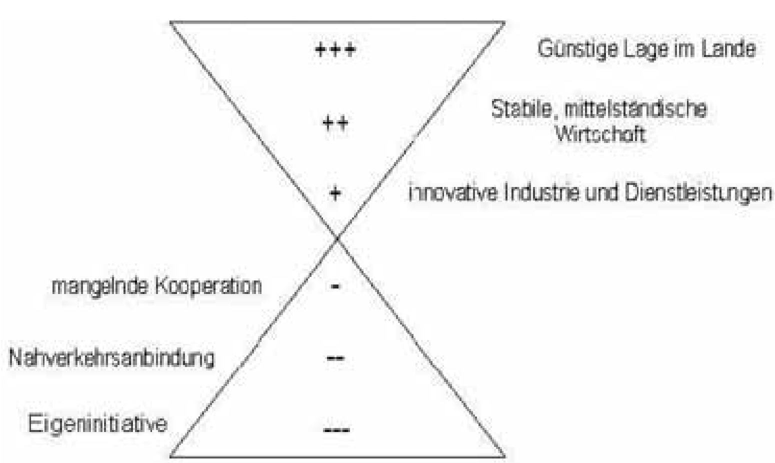


Abb. 1: Stärken und Schwächen des Oberbergischen Kreises



Abb. 2: Die Zahlen in (Klammern) sind wie Schulnoten zu lesen, also 2,6 ist eine bessere Beurteilung als 3,2.

nisse der Presse vorgetragen. Der Forschungsbericht ist im Internet einsehbar. Wir sind keine politische Instanz. Handeln müssen nun andere. Der dickste,Knochen'für die Kommunalpolitik dürfte die Schwäche der Eigeninitiative des Oberbergers sein, - ein schwieriges Kapitel. Denn der Oberberger gilt janusköpfig als stur und dickköpfig, reserviert und verschlossen, aber auch als zuverlässig, loyal und korrekt. Es gibt ihn. Er ist halt nicht so,gelenkig'wie der Domstädter.

Georg von Landsberg

Quellen

»Futurizing Oberberg" – Selbstbewusste Unauffälligkeit. Projektbericht. S. Internet (Internet FH Köln Campus Gummersbach > v. Landsberg > Projekt-Schmiede > hier).

Frank Dix: „Futurizing" Oberberg. Gewinnregion oder „Haferspanien" im Bergischen Land? Martina Galunder Verlag 2008 (ISBN 978-3-89909-078-9)

Abstract

Der Campus Gummersbach untersuchte die Entwicklung des Oberbergischen Kreises. 65 Personen wurden interviewt. Nach Ansicht dieser Experten ist die Performanz des Kreises suboptimal, zu vieles bleibt brach liegen. Aber es gibt auch Stärken, z.B. die mittelständische Struktur der Wirt¬schaft und die Landschaft. Das Hauptproblem auf dem Wege in die Zukunft dürfte der,verwaltete'Oberberger sein. Ihm geht die Eigeninitiative aus.

Projektleitung

Prof. Dr. Georg v. Landsberg
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
Institut für Informatik
landsberg@gm.fh-koeln.de

Dr. Catarina Katzer

Projektbeteiligte

Frank Dix
Peter Pakula
Sven Stöltzel
Michael Voigt
Timo Helemann
Tobias Kind
Timon Überschär



Qualitätssicherung für kooperativ und kollaborativ erstellte E-Learning-Kurse

Ziel des Forschungsprojektes ist es, am Fallbeispiel der „nestor"-initiierten eTutorials zum Thema Langzeitarchivierung digitaler Objekte die Reichweite und Eignung geeigneter Qualitätsmanagementkonzepte zu erproben und die damit verbundenen generellen Vorteile für kooperative und kollaborative Projekte zu konkretisieren.

Eine strukturelle, entstehungsimmanente Herausforderung für alle kooperativ und kollaborativ erstellten Produkte ist die Qualitätssicherung. Während in den formalen Bereichen klare, zum Teil über IT-Techniken organisierte rigide Vorgaben zur Kohärenz und Homogenität beitragen, ist es weitaus schwieriger, entsprechende Kohärenz und Homogenität auf der inhaltlichen Ebene zu erreichen. Hierfür bedarf es abgesicherter Qualitätssicherungskonzepte, die zu einem gestuften oder in iterative Prozesse eingebundenen Qualitätsmanagement führen.

Ausgangssituation

E-Learning-Angebote sind komplexe digitale Objekte, die sich idealerweise durch die Einbindung multimedialer Elemente sowie durch ein zielgruppenspezifisches didaktisches Konzept auszeichnen. Häufig werden sie auf speziell dafür entwickelten Plattformen oder in Systemumgebungen erstellt, deren Vorgaben über das Technische hinaus reichen. Bestimmte Plattformen sind für bestimmte didaktische Konzepte bevorzugt geeignet. So gilt beispielsweise die international weit verbreitete E-Learning-Umgebung moodle (http://www.moodle.de) als eine Systemumgebung, die konstruktivistische Lernkonzepte in besonderer Weise unterstützt. Dies provoziert bestimmte Formen der didaktischen Hinführung zu den Lernzielen, die die strukturelle Gestaltungsfreiheit der Produzenten weiter einschränkt. Gleichzeitig sind solche Vorgaben für die Ausgestaltung und Realisierung auch – idealerweie hilfreiche – Orientierungsmittel für die Ersteller der E-Learning-Angebote.

Langzeitarchivierung digitaler Quellen

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „nestor" (http://www.langzeitarchivierung.de) – dem deutschen Kompetenznetzwerk zur digitalen Langzeitarchivierung – arbeiten Bibliotheken, Archive, Museen und führende Experten aus diesen Bereichen gemeinsam am Thema Langzeitarchivierung und Langzeitverfügbarkeit digitaler Quellen. Ziel ist der Aufbau einer dauerhaften Organisationsform für alle Belange der Langzeitarchivierung in Deutschland. Auch die Vernetzung und Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern ist ein Kernthema von „nestor". Die Arbeitsgruppe „Koope-

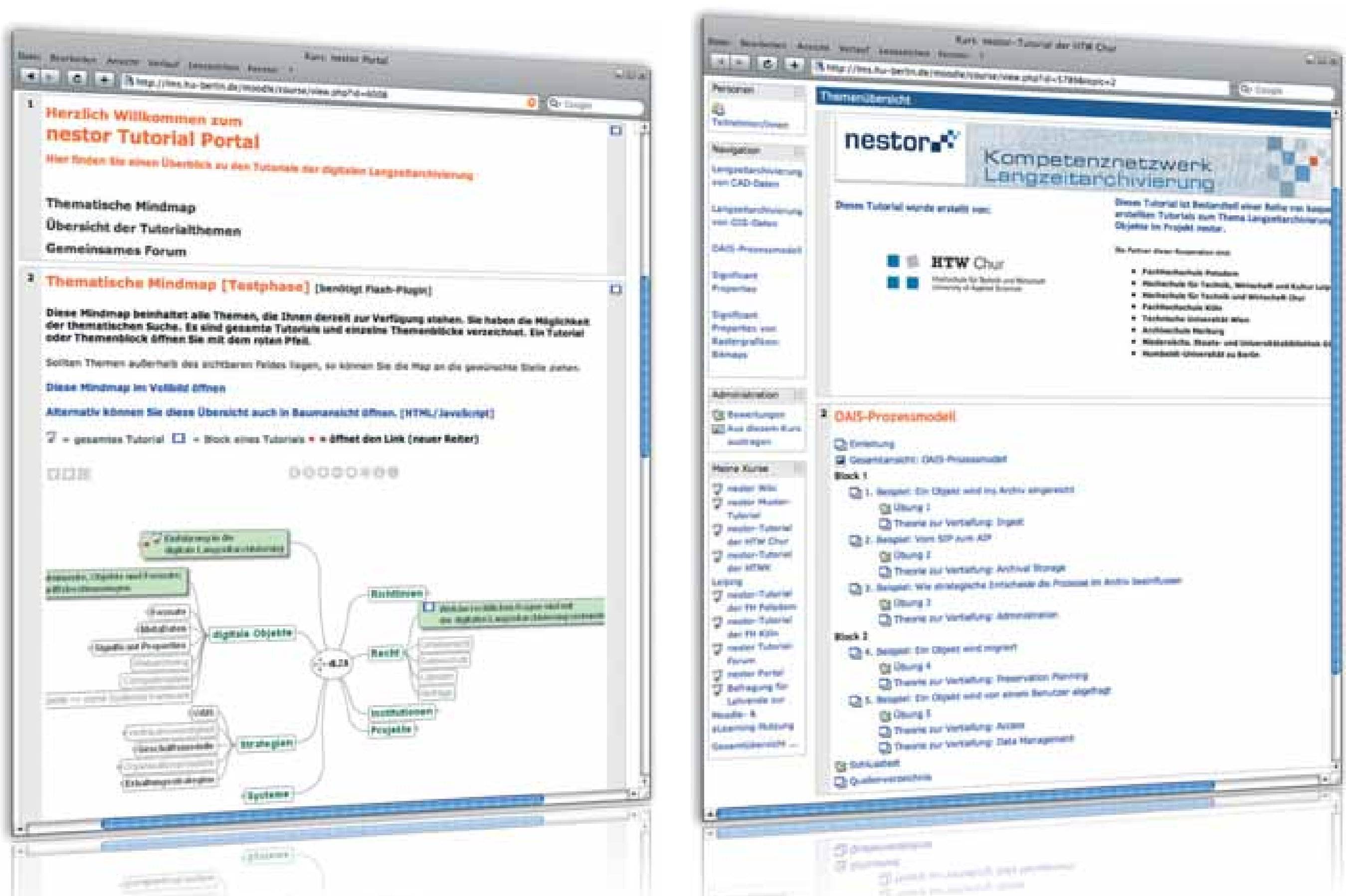


Abb. 1: Screenshots aus den E-Learning Modulen

ration mit Hochschulen im Bereich Aus-, Fort- und Weiterbildung", – koordiniert vom „nestor"-Partner, der Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen – die im Rahmen des „nestor"-Arbeitspakets 5 „Einrichtung und Ausbau von Ausbildungs- und Fortbildungsangeboten" ins Leben gerufen wurde, konnte insgesamt acht Partner aus Hochschulen und Weiterbildungseinrichtungen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz gewinnen, die sich in dieser Arbeitsgruppe engagieren (vgl. Neuroth / Oßwald 2008 sowie http://nestor.sub.uni-goettingen.de/education/index.php).

E-Learning-Tutorials

Seit 2007 wird an der Entwicklung von E-Learning-Tutorials zu verschiedenen Themenfeldern der Langzeitarchivierung digitaler Objekte gearbeitet. Daran beteiligt waren bislang Studierende aus den Fachhochschulen Köln, Potsdam und Leipzig sowie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur in der Ostschweiz. Die Tutorials bieten einführende und inhaltlich vertiefende Informationen, die unter Nutzung der E-Learning-Plattform moodle entwickelt wurden. Diese Software-Anwendung wird von der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB) technisch bereit gestellt und betreut. Außerdem wurde von der HUB ein gestalterisches und didaktisches Konzept für die E-Learning-Tutorials entworfen.

Auf Grundlage von Seminar- und Projekt-Veranstaltungen, die von Hochschullehrern an den jeweiligen Standorten initiiert, koordiniert und betreut wurden, bereiteten die Studierenden folgende Themen in Form von E-Learning-Tutorials auf:

- Einführung in die Langzeitarchivierung digitaler Objekte
- Formate und Datenträger in der Langzeitarchivierung
- Langzeitarchivierung bestimmter Datentypen (CAD-Daten, GIS-Daten)
- Metadatenerzeugung für technische Abläufe in der Langzeitarchivierung wie etwa ingest

Trotz der Vorgabe einer gemeinsam erarbeiteten Erstellungsanweisung zur Sicherung der Homogenität und Qualität der Angebote haben sich die unübersehbaren Qualitätsunterschiede der verschiedenen eTutorials als ein zentrales Problem der Arbeitsergebnisse aus den verschiedenen Hochschulen erwiesen. Diese sind sowohl auf der Ebene der Formalia, als auch auf der Ebene der multimedialen und didaktischen Aufbereitung erkennbar.

Gleichbleibende Qualität als Zielvorgabe

Ziel einer Produktionskonzeption im konkreten Fall sowie generell für E-Learning-Angebote muss folgendes sein: die formalen, strukturellen, inhaltlichen und didaktischen Zielsetzungen und Vorgaben in ein kohärentes Qualitätssicherungskonzept einzubinden. Nur so kann sichergestellt werden, dass eine gleichbleibende Qualität des Angebots in einem zeitlich gestreckten Produktionsprozess gewährleistet werden kann. Darüber hinaus bietet ein solches Konzept die Chance, die Erstellung des Gesamtangebotes beziehungsweise verschiedener, komplementär konzipierter Teilangebote von unterschiedlichen Personen an verschiedenen Standorten realisieren zu lassen. Somit unterstützt ein solches Konzept die Einbindung von Personen mit unterschiedlichen Know-how-Schwerpunkten und bietet damit auch eine strategische Antwort auf die zeitliche Belastung, die mit der Erstellung von E-Learning-Angeboten generell verbunden ist.

Ziel des Forschungsprojektes, das in Zusammenarbeit mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, dem Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität zu Berlin und dem Institut für Informationswissenschaft der Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur (Schweiz) durchgeführt wird, ist es, am Fallbeispiel der „nestor"-initiierten eTutorials zum Thema Langzeitarchivierung digitaler Objekte die Reichweite und Eignung entsprechender Qualitätssicherungskonzepte zu erproben und die damit verbundenen Vorteile für kooperative und kollaborative Projekte zu konkretisieren. Auf Basis der Auswertung vorhandener Qualitätssicherungsmaßnahmen wird ein Qualitätsmanagement aufgebaut, das die Prozess- und Produktqualität der „nestor"-eTutorials sichern soll. Die dabei für Qualitätssicherungsmaßnahmen gegebenen Alternativen werden im Kontext des konkreten Anwendungsprojektes benannt und bewertet. Daraus werden Empfehlungen für Evaluations- und Qualitätssicherungskonzepte für kooperativ

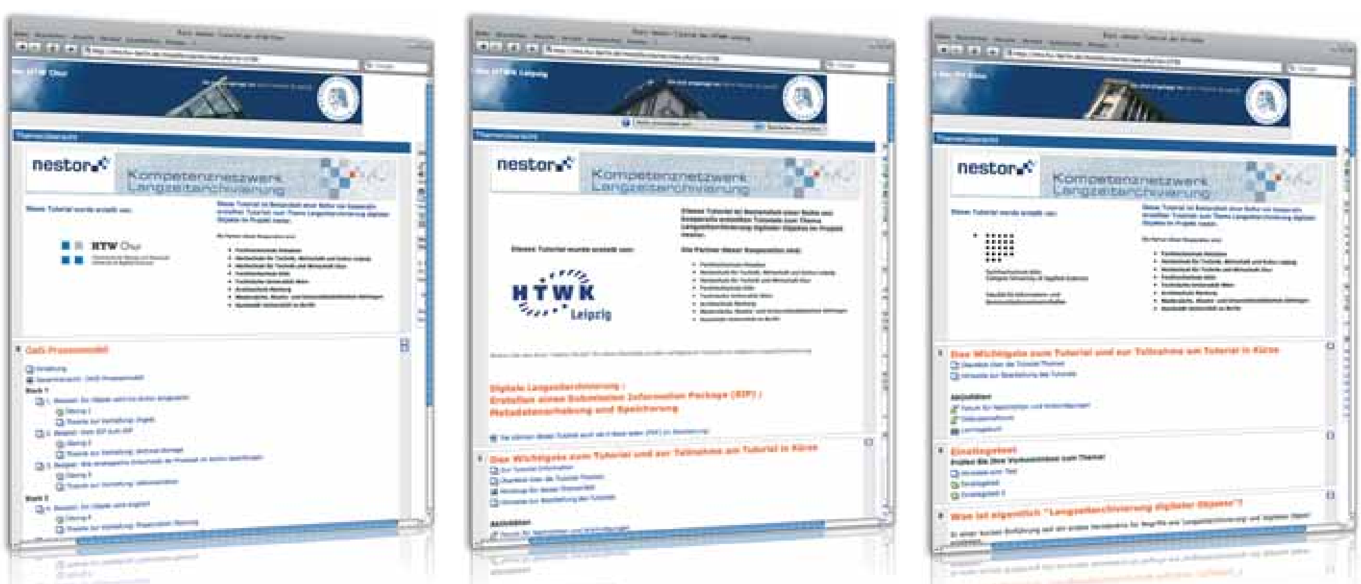


Abb. 2: Startseiten der E-Learning Module aus drei Partnerhochschulen



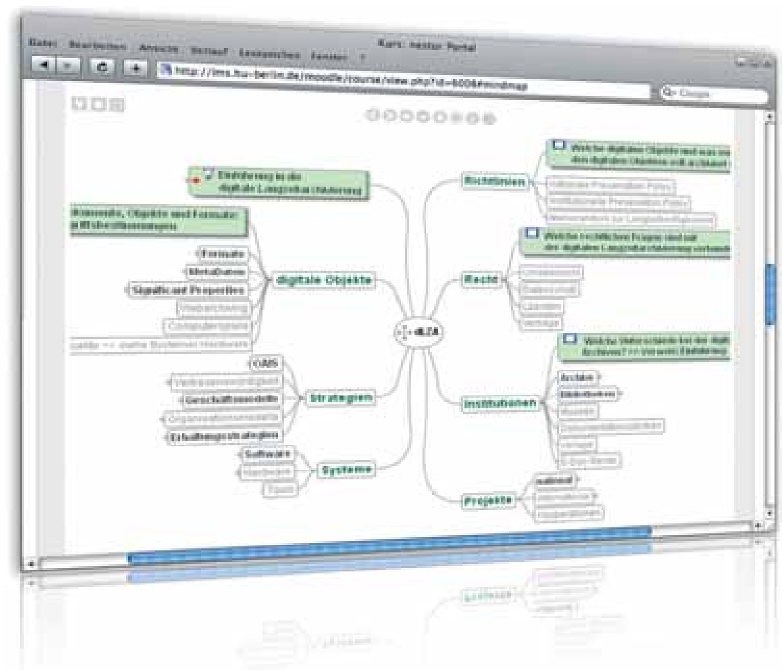


Abb. 3: Mindmap der Lerninhalte

und kollaborativ angelegte Projekte zur Erstellung von E-Learning-Angeboten abgeleitet.

Achim Oßwald

Literatur

Neuroth, Heike; Oßwald, Achim: Curriculare Innovation im Spezialbereich: Qualifizierung im Themenbereich der Langzeitarchivierung digitaler Objekte In: Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie (ZfBB) 55 (2008), 3-4,190-197

Oßwald, Achim; Otto, Dagmar; Stettler, Niklaus: Qualitätssicherungsstrategie für kooperativ erstellte e-Learning-Kurse. Entwicklung einer iterativen Strategie am Beispiel der nestor-initiierten eTutorials zum Thema Langzeitarchivierung digitaler Objekte. in: Kuhlen, Rainer (Hrsg.): Information: Droge, ware oder Commons?, Boizenburg 2009, 415-428

Abstract

Ziel des Forschungsprojektes ist es, am Fallbeispiel der „nestor"-initiierten eTutorials zum Thema Langzeitarchivierung digitaler Objekte die Reichweite und Eignung geeigneter Qualitätsmanagementkonzepte zu erproben. Die damit verbundenen generellen Vorteile für kooperative und kollaborative Projekte sollen dabei konkretisiert werden. Eine besondere Herausforderung für solche Produkte ist die Qualitätssicherung. Während in den formalen Bereichen klare, zum Teil über IT-Techniken organisierte rigide Vorgaben zur Kohärenz und Homogenität beitragen, ist es weitaus schwieriger, Entsprechendes auf der inhaltlichen Ebene zu erreichen. Hierfür bedarf es abgesicherter Qualitätssicherungskonzepte, die zu einem gestuften oder in iterative Prozesse eingebundenen Qualitätsmanagement führen.

Projektleitung

Prof. Dr. Achim Oßwald
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
achim.osswald@fh-koeln.de

Projektpartner

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Forschung und Entwicklung
Humboldt-Universität zu Berlin, Computer- und Medienservice
HTW Chur, Institut für Informationswissenschaft

Das Verbundprojekt VeRSiert

Großveranstaltungen mit einer Größenordnung von mehreren 10.000 Besuchern, wie etwa Konzerte oder Fußball-Bundesliga-Spiele erfordern für einen reibungs- und gefahrlosen Ablauf in besonderem Maße die Kooperation der beteiligten Veranstalter, Genehmigungsbehörden und Verkehrsunternehmen. Die Gewährleistung von Komfort und Sicherheit für die Besucher, die betroffenen Anwohner als auch die sonstigen Beteiligten hat dabei oberste Priorität.

Aus diesem Grunde wurde das Verbundforschungsprojekt „VeRSiert" (www.versiert.info) als Kooperation von sieben Partnern ins Leben gerufen und am 1. Mai 2008 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit" bewilligt. Das auf drei Jahre angelegte und insgesamt in Höhe von 2,7 Millionen Euro vom BMBF geförderte Projekt legt seinen Fokus dabei auf die „Vernetzung von Nahverkehrsgesellschaften, Einsatzkräften, Veranstaltern und Fahrgästen für Sicherheit im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) bei Großveranstaltungen". Ziel von „VeRSiert" ist die Verbesserung der organisatorischen und informationstechnischen Kooperation der Beteiligten wie Verwaltung, Verkehrsunternehmen, Veranstalter und Einsatzkräfte, um bereits im Planungsstadium die richtige Abschätzung der Dimensionen und Bedürfnisse der Veranstaltung sowie die darauf basierende Ergreifung entsprechender präventiver Maßnahmen zu ermöglichen. Außerdem soll die sichere und reibungslose Durchführung der Veranstaltung gewährleistet sowie im Unglücksfall die Reaktionszeit auf das Ereignis verkürzt und die Rettungsmaßnahmen effektiv und effizient organisiert und koordiniert werden.

Katastrophenmanagement im ÖPNV

Projektträger für „VeRSiert" ist das VDI-Technologiezentrum. Die Konsortialführung des Forschungsvorhabens obliegt dem Nahverkehr Rheinland GmbH (NVR) in enger Zusammenarbeit mit dem Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS). Die Fachhochschule Köln ist unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Winfried Reinhardt als Unterauftragnehmer des NVR an dem Projekt beteiligt und befasst sich mit dem „Katastrophenmanagement im ÖPNV". Dieser Komplex umfasst zunächst die Herausarbeitung des Ist-Zustands der Krisen- und Katastrophenbewältigung in Deutschland anhand der Recherche und Analyse größerer Unglücke innerhalb Deutschlands wie etwa die ICE- Unglücke von Eschede und Brühl oder der Flugzeugabsturz von Ramstein sowie bisher im Bundesgebiet abgehaltener Katastrophenschutzübungen. Danach werden Recherche und Analyse auf Unglücke und Anschläge im näheren europäischen Ausland ausgeweitet wie etwa die Anschläge auf die Londoner U-Bahn, die Anschläge auf die Züge in Madrid oder das Seilbahn-Unglück von Kaprun. Ergebnis der Auswertung der verschiedenen Unglücksereignisse ist die faktische Bestandsaufnahme der Abläufe und Strukturen der durchgeführten Rettungsmaßnahmen von der Alarmierungsphase über den eigentlichen Rettungseinsatz bis zur Nachbereitung. Die gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend bewertet und in einem Soll-, beziehungsweise Bedarfskatalog festgehalten, der die Schwachstellen oder Versäumnisse des derzeitigen Rettungssystems darstellt.

Ziel der Arbeit ist es, den betreffenden Einrichtungen und Behörden vorhandene Mängel im Rettungssystem aufzuzeigen und ihnen die Möglichkeit zu geben, diese abzustellen, um so den professionelleren Umgang aller Beteiligten mit Sicherheitsaspekten bei Großveranstaltungen sowohl im Normalbetrieb als auch in Krisenfällen zu gewährleisten.

Winfried Reinhardt

Abstract

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 2,7 Mio. Euro geförderte und vom VDI-Technologiezentrum getragene Verbundforschungsprojekt „VeRSiert" zielt darauf ab, die Sicherheit und den Komfort im öffentlichen Personennahverkehr bei Großveranstaltungen durch die Vernetzung der Nahverkehrsgesellschaften, Einsatzkräfte, Veranstalter und Fahrgäste zu erhöhen. Bis Anfang 2011 werden die Projektbeteiligten prägnante Szenarien entwickeln und analysieren, anhand derer die Abläufe im Bereich der Gefahrenprävention wie auch der Gefahrenbewältigung optimiert werden. An der Fachhochschule Köln wird im Rahmen des Projekts das Katastrophenmanagement im ÖPNV untersucht. Neben der Beschreibung des Ist-Zustands wird ein Soll-Katalog erstellt, welcher den an Großveranstaltungen beteiligten Institutionen und Personen die Schwachstellen im derzeitigen Rettungssystem und damit den Handlungsbedarf präsentiert.

Projektleitung

Prof.Dr.-Ing.Winfried Reinhardt
Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Institut für Baustoffe, Geotechnik, Verkehr und Wasser
Winfried.reinhardt@fh-koeln.de

Projektbeteiligte

Nahverkehr Rheinland GmbH (NVR)
Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS)
Kölner Stadtverwaltung
Kölner Verkehrsbetriebe AG (KVB)
Airport Research Center GmbH (ARC)
Vitracom AG
Universität Wuppertal
Fraunhofer- Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Universität Stuttgart



Webwissenschaft – Erkenntnistheorie und Forschungspraxis

Da das World Wide Web (kurz: Web) nahezu alle individuellen und gesellschaftlichen Lebensbereiche durchdringt, setzen sich mittlerweile auch zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen mit dem Phänomen „Web“ auseinander. Hierbei sind die Fragestellungen, Interessen und Methoden, mit denen sich die einzelnen Wissenschaften diesem Gegenstand nähern, sehr heterogen. Die Etablierung und massenhafte Nutzung des Webs, bedeutet aus medien- und kommunikationswissenschaftlicher Perspektive eine Revolution in der Entwicklung der Medien. Man kann das Web in seiner Bedeutung für die Entwicklung der Gesellschaft gar nicht überschätzen. In der Mediengeschichte ist die Entwicklung des Webs vergleichbar mit dem Beginn des Buchdrucks.

Entwicklungssprung in der Mediengeschichte

Als Johannes Gutenberg im Jahr 1450 den Buchdruck mit beweglichen Lettern erfand, bewirkte er nicht nur eine medientechnische Errungenschaft, sondern veränderte die Welt. Einen ebenso dramatischen Entwicklungssprung in der Mediengeschichte mit gravierenden Auswirkungen auf die Gesellschaft erleben wir derzeit durch das Web. Johannes Gutenberg ist Ende des letzten Jahrhunderts zum Mann des Millenniums gewählt worden.



Abb. : Erster universeller Zeilenmodus-Browser von Tim Berners-Lee. (Copyright: CERN, Genf)

Im April 2004 wurde in Helsinki ein neu geschaffener Millennium-Technologiepreis vergeben – er ging an den Entwickler des World Wide Webs, den britischen Physiker Tim Berners-Lee. Kein geringerer als Berners-Lee hat – in Zusammenarbeit mit weiteren Wissenschaftlern – im August 2006 die Begründung einer Webwissenschaft gefordert und eine Community von interessierten Wissenschaftlern gegründet. Den von Berners-Lee et al. im Jahr 2006 veröffentlichten Artikeln „Creating a Science of the Web“ und „A Framework for Web Science“ kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu. Sie können international als Initialzündung für die Herausbildung einer Webwissenschaft angesehen werden.

Webwissenschaft an der Fachhochschule Köln – ein differenzierter Blick auf das neue Medium

Die rasante Entwicklung des Webs seit Mitte der 1990er Jahre war vorrangig technisch induziert. Die massenhafte Nutzung des Webs durch alle Bevölkerungsschichten wirft inzwischen nachhaltig Fragen nach den Strukturen, der Bewertung, der Einordnung, der Medienwirkung, der Medienkonvergenz und grundsätzlich der Medienentwicklung auf. Die Medien- und Kommunikationswissenschaft ist gefordert, nicht nur in ihren Teildisziplinen Medienwirkungsforschung, Medienpsychologie, Medienrecht, Medienästhetik, Mediengeschichte oder Medienpolitik auf die Ausbreitung des neuen Online-Mediums zu reagieren. Es stellen sich auch vermehrt grundsätzliche Fragen der Kommunikation und Rezeption sowie der Chancen und Potentiale des Webs, die zum einen die Entwicklung des neuen Mediums betreffen, zum anderen nicht losgelöst von den klassischen Medien beantwortet werden können. Die Etablierung einer Webwissenschaft und ein differenzierter Blick auf das neue Medium können Schritte in diese Richtung bedeuten. Auf Grundlage und unter Einbeziehung medien- und kommunikationswissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse gilt es einen webwissenschaftlichen Ansatz zu entwickeln. Dieser Ansatz wird an der Fachhochschule (FH) Köln zu einem relativ frühen Zeitpunkt forciert indem hier eine Professur für Webwissenschaft und der Studiengang Online-Redakteur eingerichtet wurden.

Wesensbestimmung des Webs

Für die Grundlegung dieser neuen Disziplin besteht die Notwendigkeit, ihren Gegenstandsbereich näher auszuloten. Diese Wesensbestimmung des Webs verlangt nach einer Reflexion des Medienbegriffs, der Wissenschaftstheorie, der medienspezifischen Ästhetik, der Veränderung des Öffentlichkeitsbegriffs und der gesellschaftlichen Auswirkungen. Darüber hinaus widmet sich die Webwissenschaft Schwerpunkten, die webimmanent wirksam sind: Thematisiert werden das Design, die Usability-Forschung, der Journalismus sowie die online-journalistische Ausbildung und die Online-Forschung. Einen dritten Gesichtspunkt bildet die Integration von Disziplinen, die die Perspektive des Webs aus ihrer jeweiligen Warte betonen: Dazu gehören die Ökonomie des Webs, das Medienrecht sowie der Kontext der Suchmaschinenforschung. Das Web ist weder lediglich als neues Medium noch als neue Informationstechnologie analytisch fassbar. Vielmehr muss es vor dem Hintergrund seiner Doppelexistenz – sowohl technische Konstruktion als auch humaner beziehungsweise sozialer Aktionsraum – verstanden und erforscht werden. Keine der derzeit existierenden Einzelwissenschaft scheint hierzu das notwendige Potential zu besitzen. Wenngleich sowohl die Informatik als auch die Medien- und Kommunikationswissenschaft anschlussfähige Forschungsergebnisse erbracht haben, ist ihre fachliche Basis für eine umfassende Durchdringung des Phänomens zu schmal. Auf den ersten Blick erscheint daher die Herausbildung einer Webwissenschaft als neue eigenständige Disziplin, wie Berners-Lee et al. dies angeregt haben, eine naheliegende Lösung. Hiermit sind jedoch sowohl institutionelle als auch erkenntnistheo-

retische Probleme verbunden. Die Grade der Ausdifferenzierung wissenschaftlicher Fächer werden in hohem Maße durch ihre Institutionalisierung an Hochschulen und deren entsprechende organisatorische Infrastruktur begrenzt. Die Gründung eines neuen Faches tangiert zumeist das soziale System der Wissenschaft und sorgt für Verwerfungen innerhalb der etablierten „Scientific Community". Dies führt zu einem Strukturkonservativismus des Wissenschaftssystems bei der Einrichtung neuer Disziplinen, nicht jedoch bei der Gründung neuer Studiengänge. Daher wird die Herausbildung einer eigenständigen Webwissenschaft aller Voraussicht nach mit Widerständen zu kämpfen haben, wenn sie in eine institutionelle Manifestierung mündet und somit die bestehende organisatorische Infrastruktur berührt.

Erkenntnistheoretische und forschungspraktische Perspektiven

Ein weiteres Problem dürfte sich aus erkenntnistheoretischer sowie forschungspraktischer Perspektive aus der Komplexität des Phänomens ergeben. Allerdings ist – zumindest für naturwissenschaftliche Einzeldisziplinen – die Erkenntnis der eigenen Unvollkommenheit einem komplexen Gegenstandsbereich gegenüber nicht neu. Als Beispiel dafür ist die Nanotechnologie zu nennen, in der Physik und Chemie gleichermaßen gefordert sind. Als forschungspraktische Lösung bietet sich hier das Konzept der Transdisziplinarität an, ein relativ junger Begriff der Wissenschaftstheorie. Transdisziplinarität hat einen deutlich höheren Integrationsgrad als Interdisziplinarität, bei der die Fächergrenzen erhalten bleiben. Zudem – und dies ist im Falle des Webs von besonderer Bedeutung – fokussiert Transdisziplinarität auf Problemstellungen, die in der Praxis vorhanden sind. Sie ist also immer auch angewandte Wissenschaft. Es wird somit aus forschungspraktischen Erwägungen *für* eine Webwissenschaft mit transdisziplinärer Zielsetzung plädiert. Die Webwissenschaft unterscheidet sich von allen anderen am transdisziplinären Forschungsprozess beteiligten Wissenschaften dadurch, dass ihr genuiner Gegenstandsbereich das Web ist. Dieses Fach müsste sich allerdings von Anfang an der eigenen Unvollkommenheit seinem Gegenstand gegenüber bewusst sein, sich nach außen nicht abschließen und auf die Schaffung transdisziplinärer Forschungszentren hinarbeiten. Vorrangiges Ziel einer so definierten Webwissenschaft wäre es, zunächst eine grundlegende Phänomenologie des Webs zu erarbeiten, ein Terminologiegerüst zu schaffen und einen integrativen Forschungsprozess zu koordinieren, in dem die Webwissenschaft das Zentrum bildet. Eine so verstandene ‚transdisziplinäre Integrationswissenschaft' hätte vorrangig die heuristische Funktion, den Humusboden für fächerübergreifende Forschungen abzugeben. Dieses Konzept mag vor dem Hintergrund des institutionellen Systems des deutschen Wissenschaftsbetriebs und fachlicher Egoismen utopisch erscheinen. Andererseits wird die wachsende gesellschaftliche Bedeutung des Webs mittelfristig eine Reaktion des Wissenschaftssystems erzwingen. Die derzeit bestehende wissenschaftssystematische Ordnung wird dem Phänomen Web jedenfalls nicht gerecht.

Konrad Scherfer, Helmut Volpers

Literatur

Scherfer, Konrad (Hrsg.): Webwissenschaft - Eine Einführung, Münster: LIT 2008

Abstract

Das World Wide Web (Web) unterscheidet sich strukturell erheblich von den traditionellen Medien und hat das Mediensystem von Grund auf verändert. Radikal sind die Auswirkungen der webtechnischen Innovation auf Medienlandschaft, Gesellschaft und auch auf diejenigen Wissenschaften, die sich mit Medien und deren Geschichte, Inhalten, Formen, Technik oder Wirkungen befassen. Für die Grundlegung dieser neuen Disziplin, der Webwissenschaft, besteht die Notwendigkeit, diesen Gegenstandsbereich näher auszuloten und das Wesen des Webs zu bestimmen.

Projektleitung

Prof. Dr. Konrad Scherfer
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
konrad.scherfer@fh-koeln

Prof. Dr. Helmut Volpers
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften
Institut für Informationswissenschaft
helmut.volpers@fh-koeln.de



Forschungsstelle Rückversicherung

Abstract
Im Gegensatz zu ihrer großen praktischen Bedeutung, findet die Rückversicherung relativ wenig Beachtung in der Wissenschaft. Das ändert sich allerdings in jüngster Zeit wie etwa die Rückversicherungslösungen mittels kapitalmarktspezifischen Instrumentariums zeigen. Auch Fachliteratur zum Rückversicherungsrecht existiert kaum oder ist veraltet. Ein aktualisiertes Handbuch für den Fachanwalt Versicherungsrecht will diese Lücke schließen. Die 2008 von Prof. Stefan Materne unter Mitarbeit von Rechtsanwalt Thomas Seemayer gegründete Forschungsstelle Rückversicherung hat für das Handbuch den Beitrag zum Thema Rückversicherung entwickelt.

Projektleitung
Prof. Stefan Materne
Forschungsstelle Rückversicherung
Stefan.materne@fh-koeln.de

Thomas Seemayer, Rechtsanwalt
Kai-Olaf Knocks, B.A.

Die im Januar 2008 ins Leben gerufene Forschungsstelle Rückversicherung hat es sich zur Aufgabe gemacht, auf dem Gebiet der Rückversicherung Marktentwicklungen zu erfassen, zu dokumentieren und Forschungsergebnisse zu publizieren. Besonders bedeutsam ist für die Forschungsstelle eine enge Kooperation mit der Praxis, insbesondere mit den mehr als 40 Mitgliedsunternehmen des Gesprächskreises Rückversicherung. Bislang wurden unter Mitwirkung der Forschungsstelle verschiedene Projekte gestartet, eines der wichtigsten war die Mitarbeit an der Neuauflage des „Handbuchs für den Fachanwalt Versicherungsrecht".

Grundlagen der Rückversicherung und zum Rückversicherungsrecht
Ziel diese Projektes war es, die Grundlagen der Rückversicherung und eine Zusammenfassung der Grundlagen der Rückversicherung, des geltenden Rückversicherungsrechts sowie der Grundlagen der Vertragsgestaltung zu erstellen. Daraus sollte ein Beitrag zu einem Handbuch für den Fachanwalt Versicherungsrecht entstehen, weil kaum Fachliteratur zum Rückversicherungsrecht existiert. Das Standardwerk von Klaus Gerathewohl in zwei Bänden stammt aus den Jahren 1976 und 1979. Auch zu allgemeinen Grundlagen und den vertraglichen Gestaltungen ist nur wenig Literatur erhältlich, da die Rückversicherung im Gegensatz zu ihrer großen praktischen Bedeutung relativ wenig Beachtung in der Wissenschaft findet. Das ändert sich allerdings in jüngster Zeit wie beispielsweise die Rückversicherungslösungen mittels kapitalmarktspezifischen Instrumentariums zeigen.

Begriffsdefinition
In dem Beitrag werden zunächst die Grundlagen der Rückversicherung dargestellt. Die Rückversicherung wurde früher in § 779 Abs. 1 HGB für den Bereich der Seeversicherung legaldefiniert als „die Versicherung der von einem Versicherer übernommenen Gefahr". Durch das Zeichnen von Rückversicherungsschutz versichert ein Erst- oder Rückversicherer seine Risiken bei einem anderen Erstversicherer mit Erlaubnis zur Rückversicherung oder einem Rückversicherer rück und vermindert dadurch sein eigenes Risiko. Als kürzeste Definition kann Rückversicherung als die Versicherung eines Versicherungsunternehmens bezeichnet werden. Bei dem Vertragsverhältnis der Rückversicherungsnahme wird das Erstversicherungsunternehmen als Zedent (proportionale Rückversicherung) oder Rückversicherter (nichtproportionale Rückversicherung) und das Rückversicherungsunternehmen als Zessionar (proportionale Rückversicherung) oder Rückversicherer (nichtproportionale Rückversicherung) bezeichnet. Die einzelnen Formen und Arten der Rückversicherung wurden dargestellt, sowohl die klassischen Formen als auch der alternative Risikotransfer. Die Rückversicherungsform gibt über die Gestaltung des Rückversicherungsvertrags Auskunft, ob es sich um einen obligatorischen, einen fakultativen oder um einen semiobligatorischen Rückversicherungsvertrag handelt. Die Rückversicherungsart beschreibt dagegen, nach welcher Methode die Risiken vom Rückversicherer in Deckung genommen werden, ob dies auf proportionaler oder nichtproportionaler Basis geschieht.

Rückversicherungsverträge
Ausführlich abgehandelt wurde das Zustandekommen von Rückversicherungsverträgen mit den jeweils spezifischen Vertragspflichten wie die Schicksalsteilung oder die Folgepflicht, die Beendigung des Vertrages und auch Besonderheiten im englischen Rückversicherungsrecht, insbesondere die „contract certainty"-Initiative der englischen Aufsichtsbehörde.
Im Bereich der Rückversicherung existiert so gut wie keine dokumentierte Recht-

sprechung. Beinahe alle Streitigkeiten werden durch Verhandlungen unter den Parteien selbst beigelegt. Sofern keine gütliche Einigung erfolgt, kann auf Basis einer üblicherweise abgeschlossenen Schiedsvereinbarung (Arbitration Clause) die Klärung des strittigen Aspekts vor einem Schiedsgericht erfolgen. Die Schiedsvereinbarung kann entweder als Schiedsgerichtsklausel im Hauptvertrag enthalten sein (Schiedsklausel) oder in Form einer selbständigen Vereinbarung (Schiedsabrede) geschlossen werden. Während Schiedsgerichtsverfahren im internationalen Umfeld der Rückversicherung schon seit längerem üblich sind, kommen sie mittlerweile auch in Deutschland häufiger vor. Da gütliche Einigungen nicht mehr die Regel darstellen, wächst das Bedürfnis einer schnellen und effizienten Streitbeilegung. Gründe für immer häufig werdende Streitigkeiten sind unter anderem die Marktveränderung, der zunehmende Wettbewerb, die Internationalität des Geschäfts und die fehlende nationale sowie internationale Kodifizierung eines Rückversicherungsgesetzes oder allgemeiner Rückversicherungsbedingungen zu nennen. Folglich besteht hier im Gegensatz zu anderen Rechtsgebieten keine veröffentlichte Rechtsprechung, der man bestimmte Entwicklungen entnehmen könnte. Die wichtigsten Rechtsquellen in der Rückversicherung stellen die Vereinbarungen im Rückversicherungsvertrag selbst dar. Die Vor- und Nachteile solcher Schiedsgerichtsverfahren wurden ebenfalls erörtert und die rechtlichen Grundlagen dargestellt.

Literatur

Materne, Stefan / Diehl, Frank: Rückversicherung, in: Halm / Engelbrecht / Krahe (Hrsg.): Handbuch des Fachanwalts Versicherungsrecht, 3. Auflage, Köln, Luchterhand, S. 2273 - 2303.



FACTS & FIGURES

Die Fachhochschule Köln ist die größte Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Deutschland. 16.000 Studierende werden von rund 400 Professorinnen und Professoren unterrichtet. Das Angebot der elf Fakultäten umfasst mehr als 60 Studiengänge, jeweils etwa die Hälfte in Ingenieurwissenschaften bzw. Geistes- und Gesellschaftswissenschaften: von Architektur über Elektrotechnik und Maschinenbau, Design, Restaurierung, Informationswissenschaft, Sprachen und Soziale Arbeit bis hin zu Wirtschaftsrecht und Medieninformatik. Hinzu kommen ab Herbst 2009 Angewandte Naturwissenschaften.

Die Forschungs- und Entwicklungskompetenz der Hochschule ist gebündelt in 18 Forschungsschwerpunkten, zwei Forschungsbereichen und zwei Kompetenzplattformen.

Zur Hochschule gehören neben Standorten in Köln-Deutz und in der Kölner Südstadt auch der Campus Gummersbach; im Aufbau ist der Campus Leverkusen. Die Fachhochschule Köln ist Vollmitglied in der Vereinigung Europäischer Universitäten (European University Association, EUA). Die Hochschule ist zudem eine nach den europäischen Öko-Management-Richtlinien EMAS und dem Internationalen Standard ISO 14001 geprüfte und zertifizierte umweltorientierte Einrichtung.

Forschungsprofil der Fachhochschule Köln

Cluster 1: Angewandte Sozialwissenschaften
- Elternkurse/Kindererziehung
- Ethik in der Sozialen Arbeit
- Migration, interkulturelle Bildung und Organisationsentwicklung
- Sozial + Raum + Management
- Wirkung virtueller Welten

Cluster 2: Messen, Kommunikation, Design
- Corporate Architecture
- Forschungskommunikation
- Köln International School of Design
- Terminologie und Sprachtechnologie

Cluster 3: Baudenkmalpflege und Restaurierung
- Angkor Vat - Tempelanlage
- Art Materials in Medieval Cologne
- Baugeschichte und Baudenkmalpflege
- Desalination
- Nachweisverfahren von Bioziden an historischen Buchbeständen

Cluster 4: Interdisziplinäre Fahrzeugsystementwicklung
- Antriebe (konventionell und hybrid)
- Fahrwerktechnik
- Fahrzeugsystemtechnik
- Mechatronik
- SAVE (Sound and Vibration Engineering)
- Virtuelle Produktentwicklung

Cluster 5: Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie
- ALICE / CERN
- DISPA (Innovative Digital Signal Processing und Applications)
- Hochfrequenztechnologie
- Live Staging of Media Events
- Medizintechnik
- Next Generation Services in Heterogeneous Networks
- Optische Technologien
- Regelungstechnik – Sensoren im Katastrophenschutz
- Voice-over-IP

Cluster 6: Computational Services and Software Quality
- BTME (Business Transactions in Mobile Environments)
- COSA (Computational Services in Automation)
- Software Quality

Cluster 7: Wasser – Energie – Umwelt
- ANABEL (Analyse, Bewertung und Behandlung von Belastungen in Kanalisationen, Kläranlagen und Gewässern)
- Energieoptimiertes Bauen
- Hydroforming von Miniaturbauteilen
- Integriertes Wasserressourcenmanagement
- Nachwachsende Rohstoffe
- Regenerative Energiesysteme
- Smart Building
- STEPS (Sustainable Technologies and Computational Services in Environmental and Production Processes)

Cluster 8: Dienstleistungen im gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Wandel
- Banking and Finance / Versicherungswesen
- Information und Wissensmanagement
- Medienrecht und Medienwirtschaft
- RFID in der Anwendung / Neue Geschäftsmodelle



Forschungsbereiche und -schwerpunkte 2007/2008

Forschungsbereiche

Kölner Forschungsstelle für Medienrecht
Forschungsstelle für VersicherungsrechtMedienrecht

Forschungsschwerpunkte

ANABEL – Analyse, Bewertung und Behandlung von Belastungen in Kanalisationen, Kläranlagen und Gewässern
Art Materials in Medieval Cologne
Baudenkmalpflege und –dokumentation
Business Transactions in Mobile Environments (BTME)
DiSPA (Innovative Digital Signal Processing and Applications)
Corporate Architecture
COSA (Computational Services in Automation)
Excellence in Automotive Systems Engineering – Interdisziplinäre Fahrzeugsystementwicklung
Integriertes Wasserressourcenmanagement
Interkulturelle Kompetenz durch Personal- und Organisationsentwicklung
Medizintechnik/HLT (Hochfrequenz- und Lasertechnik)
NEGSIT (Next Generation Services in Heterogenous Network Infrastructures)
Smart Building
Software-Qualität
Sozial • Raum • Management
(Management von Planung und sozialer Arbeit im Sozialraum)
Wirkung virtueller Welten
Wissensmanagement

Kompetenzplattformen

Kompetenzplattform Migration, Interkulturelle Bildung und Organisationsentwicklung
Kompetenzplattform STEPS (Sustainable Technologies and Computational Services for Environmental and Production Processes)

Drittmittel an der Fachhochschule Köln

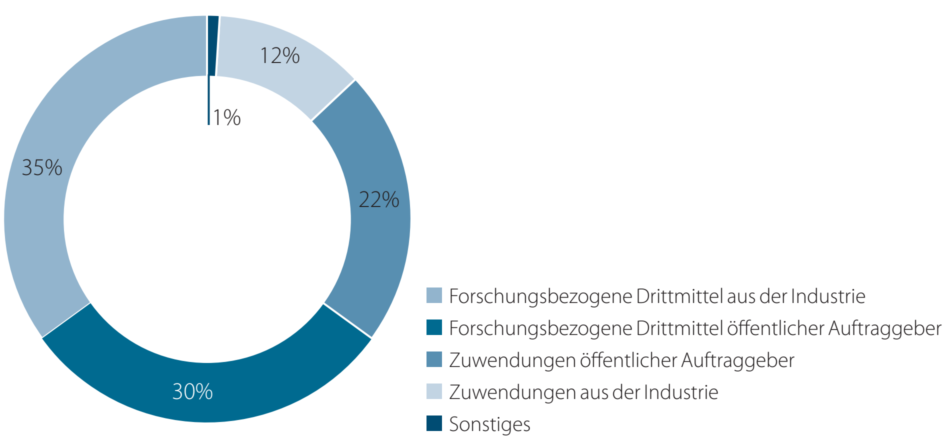


Diagramm: Herkunft der Drittmittel an der Fachhochschule Köln

Jahr	Drittmittel in Euro
2000	2.774.505
2001	3.441.061
2002	3.761.826
2003	4.919.185
2004	5.483.200
2005	6.943.777
2006	7.529.033
2007	7.971.574

Tabelle: Entwicklung der Drittmittel an der Fachhochschule Köln

Register der Professorinnen und Professoren

Register der Kooperationspartner

Impressum

Herausgeber: Der Präsident der Fachhochschule Köln
Claudiusstr. 1, 50678 Köln
www.fh-koeln.de

Redaktion: Dezernat für Öffentlichkeitsarbeit, Forschungsförderung und Technologietransfer der Fachhochschule Köln
Sybille Fuhrmann (Leitung), Frauke Schmidt
Konzept/Layout: Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Fachhochschule Köln, Monika Probst

Satz: VMK Verlag für Marketing und Kommunikation GmbH & Co. KG
Faberstr. 17, 67590 Monsheim
www.vmk-verlag.de

Druck und Vertrieb: VMK-Druckerei
Faberstr. 17, 67590 Monsheim

Anzeigen: Public Verlagsgesellschaft und Anzeigenagentur mbH
Mainzer Str. 31, 55411 Bingen



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences